



(10) **DE 10 2013 204 510 A1** 2014.09.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 204 510.7**
(22) Anmeldetag: **15.03.2013**
(43) Offenlegungstag: **18.09.2014**

(51) Int Cl.: **H01M 10/48** (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01)
H01M 2/34 (2006.01)
G01R 19/165 (2006.01)
H02H 7/18 (2006.01)
B60L 3/00 (2006.01)
B60L 11/18 (2006.01)
H02J 7/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE;
Samsung SDI Co., Ltd., Yongin, Kyonggi, KR

(72) Erfinder:
Fink, Holger, 70567 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:
Gulde & Partner Patent- und
Rechtsanwaltskanzlei mbB, 10179 Berlin, DE

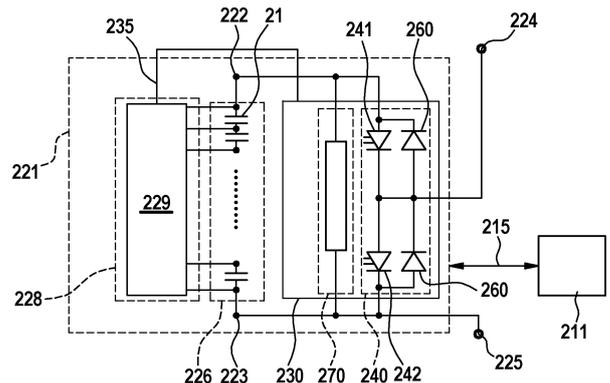
(56) Ermittelte Stand der Technik:
DE 10 2009 028 974 A1
DE 10 2010 027 857 A1
DE 10 2010 064 325 A1
WO 2011/ 095 630 A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektrisch eigensicheres Batteriemodul mit ultraschneller Entladeschaltung und Verfahren zur Überwachung eines Batteriemoduls**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Batteriemodul (221) mit einer Batteriezellschaltung (226) mit mehreren Batteriezellen (21) und mit einer Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230) zur Überwachung des Funktionszustands des Batteriemoduls (221) offenbart, wobei das Batteriemodul (221) eine Koppereinheit mit in Halbbrückenordnung geschalteten Leistungshalbleitern (241, 242) zum Koppeln der Batteriezellschaltung (226) an Ausgangsterminals (224, 225) des Batteriemoduls (221) und eine mit der Batteriezellschaltung (226) gekoppelte Entladeschaltung (270) zum schnellen Entladen des Batteriemoduls umfasst, wobei die Koppereinheit und die Entladeschaltung durch die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230) ansteuerbar sind.



Beschreibung

Bereich der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Batteriemodul mit einer Batteriezellschaltung mit mehreren Batteriezellen und mit einer Überwachungs- und Ansteuerungseinheit zur Überwachung des Funktionszustands des Batteriemoduls. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Überwachen eines Batteriemoduls mittels einer in dem Batteriemodul angeordneten Überwachungs- und Ansteuerungseinheit. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Batteriesystem, das eine Batterie mit mindestens einem Batteriestrang, in dem mehrere Batteriemodule angeordnet sind, und ein Batteriemanagementsystem umfasst.

Stand der Technik

[0002] Es ist üblich, Batterien für den Einsatz in Hybrid- und Elektrofahrzeugen als Traktionsbatterien zu bezeichnen, da diese Batterien für die Speisung elektrischer Antriebe eingesetzt werden. Um die bei Hybrid- und Elektrofahrzeugen geforderten Leistungs- und Energiedaten zu erzielen, werden einzelne Batteriezellen in Serie und teilweise zusätzlich parallel geschaltet. Bei Elektrofahrzeugen werden häufig 10 Zellen oder mehr in Serie verschaltet und die Batterien weisen Spannungen bis zu 450 V auf. Auch bei Hybridfahrzeugen wird üblicherweise die Spannungsgrenze von 60 V überschritten, welche bei Berührung durch Menschen als unkritisch eingestuft wird. In der **Fig. 1** ist das Prinzipschaltbild eines Batteriesystems mit einer derartigen Traktionsbatterie **20** dargestellt. Die Batterie **20** umfasst mehrere Batteriezellen **21**. Zur Vereinfachung der Darstellung in **Fig. 1** wurden nur zwei Batteriezellen mit dem Bezugszeichen **21** versehen. Traktionsbatterien in Hybrid- und Elektrofahrzeugen werden üblicherweise modular aufgebaut. Hierbei werden aus mindestens zwei einzelnen Batteriezellen **21**, die seriell oder parallel miteinander verschaltet werden, Batteriemodule (in **Fig. 1** nicht gezeigt) gebildet.

[0003] Die Batterie **20** ist aus zwei Batteriezellschaltungen **22**, **23** ausgebildet, die jeweils mehrere in Reihe geschaltete Batteriezellen **21** umfassen. Diese Batteriezellschaltungen **22**, **23** beziehungsweise Zellmodule sind jeweils mit einem Batterieterminal **24**, **25** und mit einem Anschluss eines Servicesteckers **30** verbunden.

[0004] Das positive Batterieterminal **24** ist mit der Batterie **20** über eine Trenn- und Ladeeinrichtung **40** verbindbar, die einen Trennschalter **41** umfasst, der parallel zu einer Reihenschaltung aus einem Ladeschalter **42** und einem Ladewiderstand **43** geschaltet ist. Das negative Batterieterminal **25** ist mit der Batterie **20** über eine Trenneinrichtung **50** verbindbar, die einen weiteren Trennschalter **51** umfasst.

[0005] Ferner zeigt **Fig. 2** ein Diagramm **60**, in dem verschiedene Fehlermechanismen **61** von Lithium-Ionen-Batterien und deren Konsequenzen **62** stark schematisiert dargestellt werden. Diese dargestellten Fehlermechanismen **61** können zu einem durch eine unzulässige Temperaturerhöhung **63** hervorgerufenen thermischen Durchgehen (Thermal Runaway) **64** der Batteriezellen **21** führen. Bei Auftreten eines thermischen Durchgehens **64** kann es aufgrund einer Emission von Gas **65**, die beispielsweise beim Öffnen eines Berstventils als Folge eines erhöhten Batteriezellinnendruckes auftreten kann, zu einem Brand der Batteriezellen **66** oder im Extremfall sogar zu einem Bersten **67** der Batteriezellen **21** kommen. Daher muss das Auftreten eines thermischen Durchgehens **64** bei dem Einsatz der Batteriezellen **21** in Traktionsbatterien mit höchster Wahrscheinlichkeit nahe 1 ausgeschlossen werden.

[0006] Ein thermisches Durchgehen **64** kann bei einem Überladen **70** einer Batteriezelle **21**, als Folge einer Tiefentladung **80** einer Batteriezelle **21** während des anschließenden Ladevorganges oder bei Vorliegen von unzulässig hohen Lade- und Entladeströmen der Batteriezelle **21**, die beispielsweise einem externen Kurzschluss **90** entstehen können, auftreten. Ferner kann ein thermisches Durchgehen **64** auch bei Vorliegen eines batteriezellinternen Kurzschlusses **100** auftreten, der beispielsweise als Folge einer starken mechanischen Krafteinwirkung während eines Unfalls **101** oder als Folge der Bildung von batteriezellinternen Dendriten **102** entstehen kann, die beispielsweise bei Vorliegen von zu hohen Ladeströmen bei tiefen Temperaturen entstehen können. Weiterhin kann ein thermisches Durchgehen **64** auch als Folge von batteriezellinternen Kurzschlüssen auftreten, die durch bei der Fertigung entstehende Verunreinigungen der Batteriezellen **21**, insbesondere durch in den Batteriezellen **21** vorhandenen metallischen Fremdpartikeln **103**, verursacht werden können. Auch kann ein thermisches Durchgehen **64** bei Vorliegen einer unzulässigen Erwärmung der Batteriezellen **110**, die beispielsweise als Folge eines Fahrzeugbrandes entstehen kann, oder bei Vorliegen einer Überlastung der Batteriezellen **120** auftreten.

[0007] In der **Fig. 3** ist das Prinzipschaltbild eines aus dem Stand der Technik bekannten Batteriesystems dargestellt, das eine Traktionsbatterie **20** mit mehreren Batteriezellen **21** und ein Batteriemanagementsystem (BMS) umfasst. Die Elektronik des Batteriemanagementsystems weist eine dezentrale Architektur auf, bei der die aus der Zellüberwachungselektronik (CSC Elektronik) der Batteriezellen **21** ausgebildeten Überwachungs- und Ansteuerungseinheiten **130** als Satelliten ausgeführt sind, die jeweils zum Überwachen des Funktionszustandes einer oder mehrerer Batteriezellen **21** vorgesehen sind und über ein internes Bussystem **141** mit einem zentralen Batteriesteuerggerät (BCU) **140** kommunizieren.

[0008] Die Elektronik des Batteriemagementsystems, insbesondere die Überwachungselektronik der Batteriezellen **21**, ist erforderlich, um die Batteriezellen **21** vor den kritischen, in **Fig. 2** dargestellten Zuständen zu schützen, die zu einem thermischen Durchgehen führen können. In der Elektronik des Batteriemagementsystems wird ein hoher Aufwand betrieben, um zum einen die Batteriezellen **21** vor einer Überlastung durch externe Ursachen, wie beispielsweise durch einen Kurzschluss in dem Inverter eines Elektroantriebes, zu schützen, und zum anderen, um zu vermeiden, dass die Batteriezellen **21** durch eine Fehlfunktion der Elektronik des Batteriemagementsystems, wie beispielsweise durch eine fehlerhafte Erfassung der Batteriezellspannungen durch die Überwachungs- und Ansteuerungseinheiten **130**, gefährdet werden.

[0009] So wie bei dem in der **Fig. 1** dargestellten Batteriesystem ist bei dem in der **Fig. 3** dargestellten Batteriesystem die Traktionsbatterie über eine Trenn- und Ladeeinrichtung **40** mit einem positiven Batterieterminal **24** verbindbar und über eine Trenneinrichtung **50** mit einem negativen Batterieterminal **25** verbindbar. Dabei wurden zur Bezeichnung gleicher oder ähnlicher Komponenten für die in den **Fig. 1** und **Fig. 3** dargestellten Batteriesysteme jeweils die gleichen Bezugszeichen verwendet.

[0010] Ferner ist das zentrale Batteriesteuergerät **140** dazu ausgebildet, den Trennschalter (Relais) **41** und den Ladeschalter (Relais) **42** der Trenn- und Ladeeinrichtung **40** anzusteuern. Das Ansteuern des Trennschalters **41** und des Ladeschalters **42** mittels des Batteriesteuergeräts **140** wird in der Zeichnung mit dem Pfeil **142** symbolisiert. Auch ist das zentrale Batteriesteuergerät **140** dazu ausgebildet, den weiteren Trennschalter (Relais) **51** der Trenneinrichtung **50** anzusteuern. Das Ansteuern des Trennschalters **51** mittels des Batteriesteuergeräts **140** ist mit dem Pfeil **143** symbolisiert.

[0011] Das zentrale Batteriesteuergerät **140** ist über eine Hochvoltleitung **144**, **145** mit einem jeweils anderen Batterieterminal **24**, **25** verbunden. Ferner umfasst das zentrale Batteriesteuergerät **140** Stromsensoren **150**, **160**, die dazu vorgesehen sind, einen durch die Traktionsbatterie **20** fließenden Strom zu messen. Das Batteriesteuergerät **140** kommuniziert auch mit einer Fahrzeugschnittstelle (vehicle interface) über einen CAN-Bus **146**. Über den CAN-Bus können dem Batteriesteuergerät **140** Informationen über den Funktionszustand des Fahrzeuges bereitgestellt werden.

[0012] Bei der Verwendung eines aus dem Stand der Technik bekannten Batteriesystems wird somit angestrebt, die Sicherheit des Batteriesystems so zu erhöhen, dass keine unzumutbare Gefährdung auftritt. Dabei werden gemäß der ISO 26262 hohe An-

forderungen an die funktionale Sicherheit des Batteriemagementsystems gestellt, da eine Fehlfunktion der Elektronik, wie oben bereits erläutert, zu einer Gefährdung führen kann. Ferner sind für Lithium-Ionen-Batteriezellen Sicherheitstests vorgeschrieben. Um die Batteriezellen transportieren zu dürfen, müssen beispielsweise UN Transport-Tests durchgeführt werden. Die Testergebnisse müssen gemäß den EUCAR Gefahrenstufen beziehungsweise Gefahrenlevels (EUCAR Hazard Levels) bewertet werden. Die Batteriezellen **21** müssen dabei vorgegebene Mindestsicherheitslevels einhalten. Um dies zu erreichen, werden in den Batteriezellen, die für den Einsatz in Traktionsbatterien vorgesehen sind, umfangreiche Zusatzmaßnahmen getroffen.

[0013] Für Batteriemagementsysteme für Batteriesysteme mit Traktionsbatterien **20** für Elektrofahrzeuge und Steckdosenhybride (Plug-in-Hybride) wird sich voraussichtlich eine Einstufung gemäß der Gefahrenstufe ASIL C etablieren, falls die Sicherheit der Batteriezellen **21** nicht signifikant erhöht werden kann. Solche Zusatzmaßnahmen werden dadurch getroffen, dass sogenannte Sicherheitsvorrichtungen (Safety Devices) in den Batteriezellen integriert werden. Dabei werden in den Batteriezellen typischerweise die im Folgenden angegebenen Sicherheitsvorrichtungen integriert.

[0014] In einer Batteriezelle wird eine Überladesicherheitsvorrichtung (Overcharge Safety Device) (OSD) integriert. Eine solche Überladesicherheitsvorrichtung bewirkt, dass die Batteriezelle bei einem Überladevorgang eine EUCAR Gefahrenstufe **4** nicht überschreitet. Der zulässige Bereich der Batteriezellspannung endet bei 4,2 V. Bei einem Überladevorgang baut die Batteriezelle ab einer Batteriezellspannung von etwa 5 V einen derart hohen Innendruck auf, das eine Membran der Überladesicherheitsvorrichtung nach außen gewölbt wird und die Batteriezelle elektrisch kurzgeschlossen wird. Als Folge davon wird die Batteriezelle solange entladen, bis eine batteriezellinterne Sicherung aktiviert wird. Der Kurzschluss der Batteriezelle zwischen den beiden Polen der Batteriezelle bleibt über die Überladesicherheitsvorrichtung erhalten.

[0015] Ferner wird eine Batteriezellsicherung (Cell Fuse) in die Batteriezelle integriert. Diese in der Batteriezelle integrierte Schmelzsicherung ist ein sehr wirksames Schutzinstrument auf Batteriezellebene, verursacht aber erhebliche Probleme beim Verbau der Batteriezellen in einer Serienschaltung eines Batteriemoduls beziehungsweise in einem Batteriesystem. Dort sind diese Maßnahmen eher kontraproduktiv.

[0016] In einer Batteriezelle wird auch eine Nageleindringsicherheitsvorrichtung (Nail Penetration Safety Device (NDS)) integriert. Eine Nageleindringsi-

cherheitsvorrichtung schützt die Batteriezelle, indem beim Eindringen eines Nagels oder eines spitzen Gegenstandes in die Batteriezelle ein derart definierter Kurzschlusspfad aufgebaut wird, der nicht zu einer so starken lokalen Erwärmung der Batteriezelle im Bereich des Nageleintrittes führt, welche zu einem lokalen Schmelzen des vorhandenen Separators führen könnte.

[0017] In eine Batteriezelle wird auch eine Funktionssicherheitsschicht (Safety Function Layer (SFL)) integriert. Die Funktionssicherheitsschicht wird durch die keramische Beschichtung einer der beiden Elektroden der Batteriezelle, realisiert, vorzugsweise durch die keramische Beschichtung der Anode. Mittels der Funktionssicherheitsschicht kann bei einem Schmelzen des Separators ein flächiger Kurzschluss der Batteriezelle und damit eine extrem schnelle Umsetzung der elektrischen Energie der Batteriezelle in Verlustwärme verhindert werden.

[0018] In eine Batteriezelle wird ferner auch eine Stoßsicherheitsvorrichtung (Crush Safety Device) integriert. Die Stoßsicherheitsvorrichtung weist eine ähnliche Funktionsweise wie die Nageleindringsicherheitsvorrichtung auf. Bei einer starken mechanischen Deformation des Batteriezellgehäuses wird ein definierter Kurzschlusspfad in der Batteriezelle bereitgestellt, der eine starke lokale Erwärmung der Batteriezelle verhindert und dadurch die Sicherheit der Batteriezelle erhöht.

[0019] Bei den aktuell in Entwicklung befindlichen Batteriezellen sind insbesondere die Maßnahmen für die elektrische Sicherheit, die beispielsweise vor einem Überladen schützen oder einen Überstromschutz gewährleisten, mit erheblichem Aufwand verbunden. Diese Maßnahmen sind zudem nach dem Verbau einer Batteriezelle in ein Batteriemodul beziehungsweise in ein Batteriesystem tendenziell sogar eher kontraproduktiv anstatt sinnvoll. Beispielsweise kann bei einer Aktivierung der Schmelzsicherung einer Batteriezelle die Situation entstehen, dass die Elektronik des vorhandenen Batteriemanagementsystems (BMS) sehr hohen negativen Spannungen ausgesetzt wird. Dadurch entsteht auf Batteriesystemebene ein zusätzlicher Aufwand, da die Transportvorschriften auf Batteriezellenebene erfüllt werden müssen, ohne dass damit ein sonstiger Nutzen verbunden wäre.

Offenbarung der Erfindung

[0020] Erfindungsgemäß wird ein Batteriemodul mit einer Batteriezellschaltung mit mehreren Batteriezellen und mit einer Überwachungs- und Ansteuerungseinheit zur Überwachung des Funktionszustands des Batteriemoduls zur Verfügung gestellt. Dabei weist das Batteriemodul eine Koppereinheit mit in Halbbrückenordnung geschalteten Leistungshalb-

leitern zum Koppeln der Batteriezellschaltung mit Ausgangsterminals des Batteriemoduls auf. Ferner weist das Batteriemodul eine mit der Batteriezellschaltung gekoppelte Entladeschaltung zum schnellen Entladen des Batteriemoduls auf. Die Koppereinheit und die Entladeschaltung sind durch die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit ansteuerbar.

[0021] Erfindungsgemäß wird auch ein Verfahren zum Überwachen eines Batteriemoduls mittels einer in dem Batteriemodul angeordneten Überwachungs- und Ansteuerungseinheit zur Verfügung gestellt. Das Batteriemodul wird mittels einer Koppereinheit betrieben, die in Halbbrückenordnung geschaltete Leistungshalbleiter zum Koppeln der Batteriezellschaltung des Batteriemoduls an Ausgangsterminals des Batteriemoduls umfasst. Wenn beim Überwachen des Batteriemoduls durch die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit eine Fehlersituation oder Gefahrensituation des Batteriemoduls festgestellt wird, dann wird das Batteriemodul mittels der Koppereinheit und/oder mittels einer mit der Batteriezellschaltung des Batteriemoduls gekoppelten und in dem Batteriemodul angeordneten Entladeschaltung, die zum schnellen Entladen des Batteriemoduls vorgesehen ist, in einen sicheren Zustand versetzt.

[0022] Ferner wird weiterhin ein Batteriesystem zur Verfügung gestellt, dass eine Batterie mit mindestens einem Batteriestrang aufweist, in dem mehrere der erfindungsgemäßen Batteriemodule angeordnet sind. Dabei umfasst das Batteriesystem ein Batteriemanagementsystem, das dazu ausgebildet ist, mit den Überwachungs- und Ansteuerungseinheiten der Batteriemodule zu kommunizieren.

[0023] Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0024] Ein Vorteil der Erfindung ist, dass ein eigensicheres Batteriemodul zur Verfügung steht, wobei das Batteriemodul aufgrund der ansteuerbaren Koppelschaltung nicht nur besonders schonend betrieben werden kann und bei der ein drohender Schaden von dem Batteriemodul durch entsprechende Steuerung der Koppelschaltung verhindert werden kann. Darüber hinaus wird eine zusätzliche Sicherheitsfunktion bereitgestellt, indem durch die integrierte Entladeschaltung zum schnellen Entladen des Batteriemoduls ein interner Mechanismus geschaffen wird, mit dem unabhängig von an äußeren Kontaktierungen wie beispielsweise an den Ausgangsterminals des Batteriemoduls aufgeprägten Entlade- oder Ladeströmen stattdessen intern ein schnelles oder ultraschnelles Entladen, insbesondere in Gefahr- oder Notfallsituationen, durchgeführt werden kann.

[0025] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung kann die Koppereinheit zwei Halbbrücken aufweisen, die jeweils einen mit einem Pluspol

des Batteriezellenschaltung gekoppelten ersten Leistungshalbleiter, einen mit einem Minuspol der Batterieschaltung gekoppelten zweiten Leistungshalbleiter und einen Mittelanschluss umfassen und über den jeweiligen Mittelanschluss mit einem jeweils anderen Ausgangsterminal des Batteriemoduls verbunden sind.

[0026] Dabei ist das Batteriemodul bevorzugt dazu eingerichtet, in einem Normalbetrieb die Koppereinheit mittels Ansteuerung durch die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit derartig zu betreiben, dass wahlweise eine Batteriemodulspannung in positiver oder negativer Orientierung oder keine Batteriezellspannung an den Ausgangsterminals des Batteriemoduls anliegt.

[0027] Anschaulich gesagt kann das Batteriemodul somit mit unpolbarer Ausgangsspannung ausgeführt sein. Genauer, das Batteriemodul kann bezüglich einer an seinen Ausgangsterminals bereitgestellten Ausgangsspannung umgepolt werden, so dass das Batteriemodul die Batteriemodulspannung in positiver oder negativer Orientierung abgeben kann.

[0028] Aufgrund der Funktionalität des erfindungsgemäßen Batteriemoduls, die Batteriemodulspannung umzupolen, eignet sich die erfindungsgemäße Batteriemodul insbesondere für den Einsatz in dreiphasigen Batteriesystemen mit stufig einstellbaren Ausgangsspannungen, die als Batteriedirektinverter bezeichnet werden, beziehungsweise allgemein in mehrphasigen Batteriesystemen mit stufig einstellbaren Ausgangsspannungen.

[0029] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die erfindungsgemäße Überwachungs- und Ansteuerungseinheit dazu ausgebildet, bei Vorliegen einer Batteriezellspannung und/oder Batteriemodulspannung, deren Betrag einen ersten Spannungsgrenzwert überschreitet, und/oder bei Vorliegen einer Batteriezellspannung und/oder Batteriemodulspannung, deren Betrag einen zweiten Spannungsgrenzwert unterschreitet, die Leistungshalbleiter der Koppereinheit in einen Schaltzustand zu versetzen, bei dem durch das Batteriemodul kein Strom fließt.

[0030] Dies kann dadurch erfolgen, dass mit Hilfe der Halbbrücken das Batteriemodul in einen sicheren Zustand versetzt wird, indem ein erster Leistungshalbleiter der Halbbrücke eingeschaltet wird, so dass ein erstes Ausgangsterminal und ein zweites Ausgangsterminal des Batteriemoduls leitend verbunden werden, und ein zweiter Leistungshalbleiter derselben Halbbrücke ausgeschaltet wird. Ferner, bei Verwendung einer Koppereinheit aus zwei, insbesondere eine Vollbrücke bildenden, Halbbrücken, können jeweils zwei mit dem ersten Ausgangsterminal verbundene Leistungshalbleiter oder zwei mit dem zwei-

ten Ausgangsterminal verbundene Leistungshalbleiter eingeschaltet werden.

[0031] Dies hat den Vorteil, dass die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit eine drohende Überladung des im Normalbetrieb arbeitenden Batteriemoduls anhand einer Überschreitung eines ersten Grenzwertes der Batteriezellspannung oder Batteriemodulspannung erkennt, und das Batteriemodul dann günstigerweise nicht weiter aufgeladen und damit beispielsweise bei einer Fehlfunktion eines Batterieadequates sicher vor einer Überladung geschützt werden kann.

[0032] Ferner erkennt die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit eine drohende Tiefentladung ausgehend von dem im Normalbetrieb arbeitenden Batteriemodul anhand einer Unterschreitung eines zweiten Grenzwertes einer Batteriezellspannung und/oder Batteriemodulspannung, woraufhin das Batteriemodul in einen sicheren Zustand überführt wird, bei dem kein Strom durch das Batteriemodul mehr fließt. Ein eventuell über ein gesamtes, das erfindungsgemäße Batteriemodul umfassendes Batteriesystems nach außen abgebarer Strom fließt nur über die in dem Batteriemodul vorhandenen Leistungshalbleiter beziehungsweise Halbleiterschalter.

[0033] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die erfindungsgemäße Überwachungs- und Ansteuerungseinheit auch dazu eingerichtet, bei Vorliegen eines Ladestroms, dessen Betrag einen vorgegebenen beziehungsweise geeignet gewählten Ladestromgrenzwert überschreitet und/oder bei Vorliegen eines (aufgeprägten äußeren) Entladestroms, dessen Betrag einen vorgegebenen beziehungsweise geeignet gewählten Ladestromgrenzwert überschreitet, die Leistungshalbleiter der Koppereinheit in einen Schaltzustand zu versetzen, bei dem durch das Batteriemodul kein Strom fließt.

[0034] Somit erkennt die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit ausgehend von dem im Normalbetrieb arbeitenden Batteriemodul eine drohende Überlastung durch zu hohe Entladeströme, die beispielsweise als Folge eines externen Kurzschlusses der Batterie durch einen Fehler im Inverter auftreten können. Dabei wird das Batteriemodul in einen sicheren Zustand überführt, in dem kein Strom durch das Batteriemodul fließt. Das Batteriemodul wird so vor einer Belastung mit unzulässig hohen Entladeströmen geschützt.

[0035] Ferner erkennt die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit ausgehend von dem im Normalbetrieb arbeitenden Batteriemodul eine drohende Überlastung des Batteriemoduls durch zu hohe Ladeströme, wobei das Batteriemodul dann in den sicheren Zustand überführt wird, in dem kein Strom mehr

durch das Batteriemodul fließt. Das Batteriemodul wird so vor einer Belastung mit unzulässig hohen Ladeströmen geschützt. Dies ist besonders vorteilhaft beispielsweise bei Vorliegen von sehr tiefen Temperaturen, bei denen die Batteriezellen der Batteriezellschaltung des Batteriemoduls besonders empfindlich hinsichtlich eines sich auf der Anode ausbildbaren Lithiumüberzugs (Lithium plating) sind.

[0036] Mit anderen Worten, es kann in einem Fall, in dem der Elektronik der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit des erfindungsgemäßen eigensicheren Batteriemoduls durch ein Batteriemanagementsystem beispielsweise eine entsprechende Information darüber mitgeteilt wird, dass das Fahrzeug, in dem das erfindungsgemäße Batteriesystem eingebaut ist, einen Unfall hatte, das Batteriemodul über eine oder gegebenenfalls beiden Halbbrücken, das heißt parallel über zwei Halbbrücken, entladen werden. Während der Entladung des Batteriemoduls über eine der Halbbrücken gibt das Batteriemodul an seinen Ausgangsterminals keine Spannung ab und wird günstigerweise trotzdem langsam entladen. Ein insbesondere als steuerbarer Widerstand betriebener Leistungshalbleiter wird hierbei inklusive seiner thermischen Anbindung und Kühlung entsprechend den Anforderungen ausgelegt.

[0037] Ferner ist gemäß einer weiteren, sehr vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit ausgebildet, anhand einer Auswertung einer gemessenen Zelltemperatur und/oder Batteriemodultemperatur und/oder anhand einer Auswertung der Batteriezellspannungen beziehungsweise der Batteriemodulspannung das Vorliegen einer Gefahrensituation zu erkennen. Bei Auswertung der Zelltemperatur und/oder der Batteriemodulspannung kann eine Gefahrensituation insbesondere bei einer einen vorbestimmten Temperaturgrenzwert überschreitenden Zelltemperatur oder Batteriemodultemperatur und/oder einem Spannungseinbruch der Batteriemodulspannung erkannt werden. Die Gefahrensituation kann auch anhand insbesondere durch ein Batteriemanagementsystem kommunizierter Information erkannt werden.

[0038] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit ferner dazu vorgesehen sein, bei Vorliegen der Gefahrensituation zum Entladen des Batteriemoduls mittels mindestens einer der beiden Halbbrücken die Leistungshalbleiter der Koppereinheit derart anzusteuern, dass der erste oder der zweite Leistungshalbleiter einer Halbbrücke eingeschaltet ist und der zweite oder der erste Leistungshalbleiter derselben Halbbrücke im sogenannten aktiven Betrieb als steuerbarer Widerstand arbeitet, und bevorzugt der erste und der zweite Leistungshalbleiter der anderen Halbbrücke ausgeschaltet ist oder die ersten oder die zweiten Leistungshalbleiter der bei-

den Halbbrücken eingeschaltet sind und die zweiten oder die ersten Leistungshalbleiter der beiden Halbbrücken im aktiven Betrieb arbeiten.

[0039] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird, wenn die Gefahrensituation erkannt wird, die Entladeschaltung zum schnellen Entladen des Batteriemoduls aktiviert. Somit kann, wenn der Elektronik der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit des erfindungsgemäßen eigensicheren Batteriemoduls von einem Batteriemanagementsystem mitgeteilt wird, dass das Fahrzeug, das mit dem erfindungsgemäßen Batteriesystem ausgestattet ist, einen Unfall hatte, die Batteriezelle über die Entladeschaltung, die im Folgenden auch als ultraschnelle Entladeschaltung (Ultra Fast Discharge Device) (UFDD) bezeichnet wird, schnellstmöglich entladen werden. Dadurch sind die realisierbaren Entladeströme insbesondere nicht aufgrund thermischer Verlustleistung begrenzt, die sich beispielsweise bei einem als steuerbaren Widerstand betriebenen Leistungshalbleiter ergibt beziehungsweise den Leistungshalbleitern im Dauerbetrieb auferlegt werden kann. Jedoch kann, um die Entladeschaltung zu unterstützen, das Batteriemodul in einer Gefahrensituation gleichzeitig über die Koppereinheit entladen werden, wobei in einer in der Halbbrücken ein Leistungshalbleiter eingeschaltet und der andere Leistungshalbleiter in einem aktiven Betrieb als steuerbarer Widerstand betrieben wird.

[0040] Die Entladeschaltung kann eine Serienschaltung mit einem Widerstand und einem Leistungshalbleiter umfassen. Dabei kann die Entladeschaltung insbesondere einen Thyristor umfassen.

[0041] Ferner kann die Entladeschaltung eine Abtactschaltung mit einem Abtactschalter und einem Abtaktwiderstand umfassen.

[0042] Gemäß nach einem Aspekt der Erfindung können aufgrund der erfindungsgemäßen Erkennung einer Gefahrensituation vorteilhaft insbesondere auch das Durchführen eines Testvorganges, während dessen das Batteriemodul getestet wird, oder andere, für das Batteriemodul vergleichbare Situationen, zuverlässig erkannt werden.

[0043] Wird das erfindungsgemäße Batteriemodul beispielsweise im Rahmen eines UN Transport-Tests einem Nageleindringtest (Nail Penetration Test) oder einem Stoßtest (Crush Test) unterzogen, erkennt die Elektronik der erfindungsgemäßen Überwachungs- und Ansteuerungseinheit über die Auswertung einer Batteriezellspannung und/oder der Batteriemodulspannung, dass das Batteriemodul über Ströme entladen wird, ohne dass es betrieben wird. Die Erkennung dieses Vorganges kann beispielsweise über einen Spannungseinbruch des Batteriemoduls erfolgen. Als Folge davon wird sofort das Entladen des

Batterieminuten über die erfindungsgemäße Entladeschaltung ausgelöst, und das Batteriemodul wird dann im Wesentlichen über die Entladeschaltung entladen. Optional kann auch hier, wie bereits erläutert, eine Unterstützung der Entladung des Batteriemoduls über die beiden Halbbrücken erfolgen.

[0044] Wird das Batteriemodul einer starken Erwärmung ausgesetzt, so kann dies über die Elektronik der erfindungsgemäßen Überwachungs- und Ansteuerungseinheit erkannt werden. Als Folge davon wird sofort das Entladen des Batteriemoduls beispielsweise über die erfindungsgemäße Entladeschaltung ausgelöst und das Batteriemodul wird über die Entladeschaltung rechtzeitig entladen.

[0045] Das erfindungsgemäße elektrisch eigensichere Batteriemodul wird in Verbindung mit der in dem Batteriemodul angeordneten Koppereinheit und der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit so sicher ausgeführt, dass, im Vergleich zu einem herkömmlichen Batteriemanagementsystem, bei dem erfindungsgemäßen Batteriesystem nunmehr wesentlich geringere Anforderungen gestellt werden müssen. Darüber hinaus können zahlreiche bisher typischerweise durchgeführten, jedoch nicht zielführende Maßnahmen, wie beispielsweise das Ausstatten eines Batteriemoduls mit einer integrierten Überladesicherheitsvorrichtung und/oder einer integrierten Batteriezellsicherung, entfallen.

[0046] Zusammenfassend kann das erfindungsgemäße elektrisch eigensichere Batteriemodul in Verbindung mit der Koppereinheit, der Entladeschaltung (ultraschnelle Entladeschaltung), und Überwachungs- und Ansteuerungseinheit so sicher ausgeführt werden, dass, im Vergleich zum Stand der Technik, an ein Batteriemanagementsystem nunmehr wesentlich geringere Anforderungen gestellt werden können.

[0047] Auch die in dem Batteriemodul durchgeführten Maßnahmen für die Erhöhung der Sicherheit bei Vorliegen von starken mechanischen Krafteinwirkungen, wie das Ausstatten eines Batteriemoduls mit einer integrierten Nageleindringsicherheitsvorrichtung und/oder mit einer integrierten Stoßsicherheitsvorrichtung können entfallen beziehungsweise zumindest wesentlich einfacher realisiert werden, da die Anforderungen seitens des Batteriemoduls nunmehr wesentlich geringer sind. Es wird ermöglicht, dass auf das Batteriemodul und die darin angeordneten Batteriezellen der Batteriezellschaltung dabei starke mechanische Krafteinwirkungen, wie sie beispielsweise bei UN Transport-Tests simuliert werden, gefahrlos einwirken können. Dies betrifft insbesondere auch eine Penetration der Batteriezellen beziehungsweise des Batteriemoduls mit spitzen Gegenständen mittels eines Nageleindringtests und/oder eine starke Deformation einer Batteriezelle oder des Batte-

rieminuten mittels von Stößen hinsichtlich aller drei Raumachsen. Das Batteriemodul kann mittels der erfindungsgemäßen Überwachungs- und Ansteuerungseinheit sich selbst vor unzulässigen Betriebszuständen schützen, ohne dabei beispielsweise auf Sicherungsfunktionen der Elektronik eines Batteriemanagementsystems angewiesen zu sein.

[0048] Mit dem erfindungsgemäßen elektrisch eigensicheren Batteriemodul steht somit ein Grundbaustein zur Verfügung, aus dem sichere Batteriesysteme, insbesondere in Elektro- und Hybridfahrzeugen, aufgebaut werden können, dessen Sicherheit wesentlich höher als bei den aus dem Stand der Technik bekannten Batteriesystemen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0049] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung im Detail beschrieben. In den Zeichnungen ist:

[0050] Fig. 1 das Prinzipschaltbild eines aus dem Stand der Technik bekannten Batteriesystems mit einer Traktionsbatterie,

[0051] Fig. 2 ein Diagramm, das die Fehlermechanismen einer aus dem Stand der Technik bekannten Lithium-Ionen-Batterie darstellt, die zu einem thermischen Durchgehen dieser Lithium-Ionen-Batterie führen können,

[0052] Fig. 3 das Prinzipschaltbild eines aus dem Stand der Technik bekannten Batteriesystems mit einer aus mehreren Batteriezellen ausgebildeten Traktionsbatterie und einem Batteriemanagementsystem,

[0053] Fig. 4 das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

[0054] Fig. 5 das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls nach der ersten Ausführungsform der Erfindung, mit einer detaillierteren Ansicht der erfindungsgemäßen ultraschnellen Entladeschaltung,

[0055] Fig. 6 eine beispielhafte alternative Ausführungsform der erfindungsgemäßen ultraschnellen Entladeschaltung

[0056] Fig. 7 noch eine alternative Ausführungsform der erfindungsgemäßen ultraschnellen Entladeschaltung,

[0057] Fig. 8 das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,

[0058] Fig. 9 das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls nach einer dritten Ausführungsform der Erfindung, mit einer alternativen Topologie einer Zellüberwachungselektronik,

[0059] Fig. 10 das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, mit einer anderen alternativen Topologie der Zellüberwachungselektronik,

[0060] Fig. 11 das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, mit noch einer anderen alternativen Topologie einer der Zellüberwachungselektronik,

[0061] Fig. 12 das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, mit noch einer anderen alternativen Topologie der Zellüberwachungselektronik,

[0062] Fig. 13 das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, mit noch einer anderen alternativen Topologie einer der Zellüberwachungselektronik,

[0063] Fig. 14 das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, mit noch einer anderen alternativen Topologie einer der Zellüberwachungselektronik,

[0064] Fig. 15 ein Blockschaltbild, das die Struktur einer Batterie zeigt, deren Batteriezellen in Form der erfindungsgemäßen Batteriemodulen angeordnet sind, und

[0065] Fig. 16 das Prinzipschaltbild eines Batteriedirektinverters mit drei Batteriesträngen, in denen jeweils mehrere der erfindungsgemäßen Batteriemodulen seriell geschaltet sind.

Ausführungsformen der Erfindung

[0066] In der nachfolgenden Ausführlichen Beschreibung werden gleiche Bezugszeichen für gleiche oder ähnliche Komponenten verwendet.

[0067] In der Fig. 4 ist das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls **221** nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Das Batteriemodul **221** nach der ersten Ausführungsform der Erfindung umfasst eine Batteriezellschaltung **226** mit mehreren Batteriezellen **21**. Die Batteriezellschaltung **226** ist hier eine Reihenschaltung, kann bei anderen Ausführungsformen der Erfindung aber auch eine Parallelschaltung oder eine Kombination aus einer Parallelschaltung und einer Reihenschaltung aufweisen. Die Batteriezellen sind mit einer Zellüberwachungselektronik (CSC) **228** verbunden, die zur Überwachung der einzelnen Batteriezellen **21** vorgesehen ist. Nach der hier gezeigten Ausführungsform ist die

Zellüberwachungselektronik **228** durch eine zentrale Zellüberwachungselektronik implementiert, die mit allen Batteriezellen **21** verbunden ist und ferner insbesondere ein Zellbalancing steuern kann. und

[0068] Das Batteriemodul **221** weist ferner eine Kopleinheit auf, die aus einer Halbbrücke **240** mit einem ersten und einem zweiten Leistungshalbleiter **241**, **242** ausgebildet ist. Parallel zu den Leistungshalbleitern **241**, **242** ist jeweils eine Diode **260** geschaltet, deren Durchlassrichtung entgegen der Durchlassrichtung des entsprechenden Leistungshalbleiters **241**, **242** verläuft.

[0069] Die Halbbrücke **240** ist an einem ersten, dem ersten Leistungshalbleiter (der erste Leistungshalbleiterschalter der Halbbrücke aus der Fig. 4) **241** zugeordneten Anschluss dem einem Pluspol **222** der Batteriezellschaltung **226** und an einem zweiten, dem zweiten Leistungshalbleiter **242** (der zweite Leistungshalbleiterschalter der Halbbrücke aus der Fig. 4) zugeordneten Anschluss mit dem Minuspol **223** der Batteriezellschaltung **226** verbunden. Die Halbbrücke **240** ist ferner an einem Mittelanschluss mit einem ersten Ausgangsterminal **224** des Batteriemoduls **221** verbunden.

[0070] Das erfindungsgemäße Batteriemodul **221** umfasst ferner eine zu der Batteriezellschaltung **226** parallel geschaltete Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** zum Überwachen des Funktionszustandes der Batteriezellen **21** beziehungsweise des Batteriemoduls **221**. Die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** ist erfindungsgemäß mit einer integrierten Ansteuerung für die Leistungshalbleiter **241**, **242** eingerichtet.

[0071] In der Fig. 4 ist auch ein Batteriemanagementsystem **211** für ein Batteriesystem mit mehreren erfindungsgemäßen Batteriemodulen **221** dargestellt. Das Batteriemanagementsystem **211** ist dazu ausgebildet, mit der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** zu kommunizieren beziehungsweise Informationen auszutauschen. Der Informationsaustausch zwischen dem Batteriemanagementsystem **211** und der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **20** ist mittels des Doppelpfeiles **215** symbolisiert.

[0072] Ferner kommuniziert die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** mit der Zellüberwachungselektronik **228**, die als eine zentrale Zellüberwachungselektronik **229** für sämtliche der Batteriezellen **228** ausgestaltet ist. Die Kommunikation **235** kann beispielsweise über einen Bus erfolgen, insbesondere über einen drahtgebundenen Bus, beispielsweise ein CAN-Bus oder über FlexRay. Jedoch ist die Erfindung nicht auf einen drahtgebundenen Bus beschränkt. Wenn daher im Folgenden von einem (drahtgebundenen) Bus die Rede ist,

kann die Kommunikation in vielen Fällen stattdessen auch über drahtlose Verbindungen, wie beispielsweise Bluetooth, erfolgen. Somit werden der Überwachungs- und Ansteuerungselektronik **230** von der zentralen Zellüberwachungselektronik **229** insbesondere Spannungs- und/oder Strommesswerte übermittelt, die von der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** für eine Sicherheitsüberwachung weiterverarbeitet werden, wie im Folgenden dargestellt wird.

[0073] Erkennt die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** ausgehend vom Normalbetrieb des Batteriemoduls **221** eine drohende Überladung des Batteriemoduls **21** anhand einer Überschreitung eines ersten Grenzwertes einer Batteriezellspannung und/oder der Batteriemodulspannung, wird der erste Leistungshalbleiter **241** der Halbbrücke **240** ausgeschaltet und der zweite Leistungshalbleiter **242** wird eingeschaltet. Da die Batteriemodulspannung sich innerhalb des Bereichs U_{\min_modul} und U_{\max_modul} befindet, sperrt die Diode **260** des ersten Leistungshalbleiters **241** auch bei drohender Überladung, beispielsweise bei einer Fehlfunktion beim Laden der Batterie beziehungsweise des Batteriemoduls **221**. Dadurch kann eine weitere Aufladung des Batteriemoduls **221** sicher verhindert werden.

[0074] Erkennt die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** ausgehend vom Normalbetrieb des Batteriemoduls **221** eine drohende Tiefentladung des Batteriemoduls **221** anhand einer Unterschreitung eines zweiten Grenzwertes einer Batteriezellspannung und/oder der Batteriemodulspannung, wird der erste Leistungshalbleiter **241** der Halbbrücke **240** ausgeschaltet und der zweite Leistungshalbleiter **242** wird eingeschaltet. Es fließt dann kein Strom mehr durch das Batteriemodul **221**. Ein eventuell über ein gesamtes Batteriesystem, in dem die erfindungsgemäße Batteriemodul **221** angeordnet ist, nach außen abgegebener Strom fließt in dem erfindungsgemäßen Batteriemodul **221** nur über den Leistungshalbleiter (Halbleiterschalter) **241** der Koppereinheit des Batteriemoduls **221**.

[0075] Erkennt die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** ausgehend vom Normalbetrieb des Batteriemoduls **221** eine drohende Überlastung des Batteriemoduls **221** durch zu hohe Entladeströme, die beispielsweise als Folge eines externen Kurzschlusses der Batterie durch einen Fehler im Inverter auftreten können, wird der erste Leistungshalbleiter **241** der Halbbrücke **240** ausgeschaltet und der zweite Leistungshalbleiter **242** wird eingeschaltet. Es fließt dann kein Strom mehr durch das Batteriemodul **221**. Das Batteriemodul **221** wird so vor einer Belastung mit unzulässig hohen Entladeströmen geschützt.

[0076] Erkennt die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** ausgehend vom Normalbetrieb des Batteriemoduls **221** eine drohende Überlastung des Batteriemoduls **221** durch zu hohe Ladeströme beispielsweise bei sehr tiefen Temperaturen, bei denen die Batteriezellen **21** der Batteriezellschaltung **226** besonders empfindlich hinsichtlich einem sich insbesondere auf der Anode ausbildbaren Lithiumüberzugs ist, wird mittels der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** der erste Leistungshalbleiter **241** der Halbbrücke **240** ausgeschaltet und der zweite Leistungshalbleiter **242** wird eingeschaltet. Es fließt dann kein Strom mehr durch das Batteriemodul **221**. Das Batteriemodul **221** wird so vor einer Belastung mit unzulässig hohen Ladeströmen geschützt.

[0077] Wird der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** des erfindungsgemäßen eigensicheren Batteriemoduls **221** beispielsweise in einem Fahrzeug von einem Batteriemanagementsystem **211** mitgeteilt, dass das Fahrzeug einen Unfall hatte, kann das Batteriemodul **221** über die Halbbrücke **240** entladen werden. Dazu wird der zweite Leistungshalbleiter **242** eingeschaltet und der erste Leistungshalbleiter **241** im sogenannten aktiven Betrieb als steuerbarer Widerstand betrieben. Die Batteriemodul **221** gibt an seinen Ausgangsterminals **224**, **225** dann keine Spannung ab und wird trotzdem langsam entladen. Die realisierbaren Entladeströme sind begrenzt durch die thermische Verlustleistung, die dem als steuerbarer Widerstand betriebenen Leistungshalbleiter **241** im Dauerbetrieb auferlegt werden kann. Ein insbesondere als steuerbarer Widerstand betriebener Leistungshalbleiter **241** inklusive seiner thermische Anbindung und Kühlung wird daher entsprechend den Anforderungen ausgelegt werden.

[0078] Das Batteriemodul **221** nach der ersten Ausführungsform der Erfindung umfasst ferner noch eine Entladeschaltung **270** als eine ultraschnelle Entladeschaltung (Ultra Fast Discharge Device) (UFDD). Die Entladeschaltung **270** ist in dem Batteriemodul **221** zum Entladen der Batteriezellen **21** mittels eines durch die Entladeschaltung **270** fließenden Entladestromes vorgesehen. Wird der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** des erfindungsgemäßen eigensicheren Batteriemoduls **221** von einem Batteriemanagementsystem **211**, das in einem Batteriesystem mit mehreren solchen Batteriemodulen **221** angeordnet ist, mitgeteilt, dass das Fahrzeug, in dem das erfindungsgemäße Batteriesystem angeordnet ist, einen Unfall hatte, wird das Batteriemodul **221** über die Entladeschaltung **270** schnell entladen. Um die Entladeschaltung **270** zu unterstützen, kann das Batteriemodul **221** gleichzeitig auch über die Halbbrücke **240** entladen werden. Um die Entladeschaltung **270** zu unterstützen, wird somit mittels der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** der zweite Leistungshalbleiter **242** der Halbbrücke **240** eingeschaltet. Das Batteriemodul **221** gibt dann an sei-

nen Klemmen beziehungsweise Ausgangsterminals **224**, **225** während der Entladung keine Spannung ab. Die Entladeschaltung **270** kann so ausgelegt sein, dass das Batteriemodul **221** mit sehr großen Entladeströmen nahe dem Kurzschluss entladen werden kann. Das Batteriemodul **221** wird damit sehr schnell in einen sicheren Zustand gebracht. Damit können auf Fahrzeugebene Situationen beherrscht werden, bei denen das Batteriemodul **221** mechanisch stark deformiert oder durch spitze Gegenstände penetriert wird. Dabei kann unterstützend mittels der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** auch der erste Leistungshalbleiter **241** im aktiven Betrieb als steuerbarer Widerstand betrieben werden.

[0079] In der **Fig. 5** ist die erfindungsgemäße Batteriemodul **221** nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Im Unterschied zu der in **Fig. 1** gezeigten allgemeinen Darstellung ist in **Fig. 5** insbesondere die Entladeschaltung (UFDD) **270** detaillierter dargestellt und umfasst hier eine zwischen dem Pluspol **222** und dem Minuspol **223** der Batteriezellschaltung **226** angeschlossene Serienschaltung aus einem Leistungshalbleiter **271** und einem Widerstand **272**.

[0080] Die Erfindung ist aber nicht auf eine bestimmte Ausführungsform der (ultraschnellen) Entladeschaltung **270** beschränkt. So werden in den **Fig. 6** und **Fig. 7** weitere beispielhafte Ausführungsformen der ultraschnellen Entladeschaltung (UFDD) **270** gezeigt. Die Entladeschaltung **270** ist eine der wesentlichen Funktionseinheiten, um ein eigensicheres Batteriemodul **221** zu erhalten, und mit der das Batteriemodul **221** durch Entladung schnell in einen sicheren Zustand gebracht werden soll. In der **Fig. 6** wird eine Realisierung der Entladeschaltung **270** dargestellt, welche auf dem Einsatz eines (Kurzschluss-)Thyristors **273** beruht. Thyristoren zeichnen sich durch außergewöhnliche Robustheit und Stromtragfähigkeit aus und sind daher für den hier vorliegenden Anwendungsfall geeignete Halbleiterbauelemente. Eventuelle mit dem Einsatz des Thyristors **273** verbundene Nachteile speziell hinsichtlich des Ein- und Ausschaltverhaltens kommen in der vorliegenden Anwendung nicht zum Tragen. Wie in der **Fig. 6** gezeigt, umfasst die dortige Realisierung der ultraschnellen Entladeschaltung **270** eine Serienschaltung eines ohmschen Widerstandes **272** und eines Kurzschlussthyristors **273**. Der ohmsche Widerstand **272** kann dabei entweder über die Leitungswiderstände und die Kontaktwiderstände **274**, **275** des Kurzschlusskreises oder aber über ein dezidiertes Bauelement realisiert werden. Der ohmsche Widerstand **272** limitiert zusammen mit dem Innenwiderstand der Batteriezellen **21** den Kurzschlussstrom bei der Schnellentladung des Batteriemoduls **221**.

[0081] In der **Fig. 7** wird eine andere Ausführungsform der ultraschnellen Entladeschaltung **270** ge-

zeigt, die auf einen Abtakter beziehungsweise eine Abtaktschaltung basiert. Der Abtakter kann auf Basis eines ein- und ausschaltbaren elektronischen Halbleiterventils **276** und einem Abtaktwiderstand **272** aufgebaut werden, wobei das Halbleiterventil **276** von der erfindungsgemäßen Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** angesteuert wurde. Der ohmsche Widerstand des Abtaktwiderstandes **272** limitiert zusammen mit dem Innenwiderstand des Batteriemoduls **221** beziehungsweise der Batteriezellen **21** den maximalen Entladestrom bei der Schnellentladung des Batteriemoduls **221**. Für den ein- und ausschaltbaren elektronischen Halbleiterschalter **276** eignen sich insbesondere Weise MOSFETs, da diese aufgrund der geringen Anforderungen an die Sperrspannung mit sehr geringem Einschaltwiderstand realisiert werden können. Eine Energieentnahme aus dem Batteriemodul **221** kann über die Abtaktschaltung kontrolliert werden. So kann beispielsweise zu Beginn der Entladung mit dauernd eingeschaltetem Abtakter schnell Energie aus dem Batteriemodul **221** entnommen werden. Bei Erwärmung des Abtaktwiderstandes **272** und des Abtaktschalters **276** kann dann in einen gepulsten Betrieb oder in einen Blockbetrieb gewechselt werden. Ferner sind in der **Fig. 7** noch parallel geschaltete Inversdioden **277**, **278** dargestellt.

[0082] Zusammenfassend kann somit die erfindungsgemäße ultraschnelle Entladeschaltung **270** für die Realisierung eines eigensicheren Batteriemoduls **221** eingesetzt werden. Außerdem kann, wie oben bereits erläutert, mittels der erfindungsgemäßen Halbbrückenschaltung **240** das Batteriemodul **221** gegen Überladung, Tiefentladung und Überlastung durch zu hohe Lade- und Entladeströme gesichert werden. Die Grenzwerte für die elektrische Sicherheit können dabei dynamisch, beispielsweise in Abhängigkeit von der Temperatur der Batteriezelle **21**, angepasst werden. Das Batteriemodul **221** ist ferner auch bei starken mechanischen Kräfteinwirkungen eigensicher, wie sie beispielsweise bei einem Unfall auftreten können. Hierzu wird das Batteriemodul **221** bei Erkennung eines kritischen Zustands über die Entladeschaltung **270** schnellstmöglich entladen. Das Batteriemodul **221** ist somit bei starker Erwärmung eigensicher.

[0083] Hierzu wird das Batteriemodul **221** bei Erkennung eines kritischen Zustands über die Entladeschaltung **270** schnellstmöglich entladen. Die Auslegung der Entladeschaltung **270** kann so erfolgen, dass der Entladestrom einen für das Batteriemodul **221** maximal zulässigen, maximalen Kurzschlussstrom nicht übersteigt.

[0084] Bei den gemäß heutigem Stand der Technik eingesetzten, in Batteriemodulen integrierten Safety Devices, ist der sich einstellende Kurzschlussstrompfad von den spezifischen Verhältnissen abhängig.

Daher kann das Verhalten eines Batteriemoduls nicht genau vorhergesagt werden und ist auch nicht reproduzierbar. Dieser Nachteil kann mit der hier vorgestellten Entladeschaltung vermieden werden. Dabei kann die Spannung des Batteriemoduls **221** über die Halbbrücke **240** genau vorgegeben werden. Wird bei Aktivierung der Entladeschaltung **270** automatisch auch der zweite Leistungshalbleiter **242** der Halbbrücke **240** eingeschaltet, weist das eigensichere Batteriemodul **221** an seinen Ausgangsterminals **224**, **225** die Spannung 0V auf, während die Schnellentladung über die Entladeschaltung **270** erfolgt.

[0085] In der **Fig. 8** ist das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls **221** nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Im Unterschied zu der Ausführungsform nach **Fig. 4** weist das Batteriemodul **221** hier zwei Halbbrücken **240**, **250** auf. Genauer gesagt umfasst das Batteriemodul **221** nach **Fig. 8** eine Batteriezellenschaltung **226** und eine Koppereinheit, die aus einer ersten Halbbrücke (die rechte Halbbrücke aus der **Fig. 9**) **240** mit einem ersten und einem zweiten Leistungshalbleiter **241**, **242** und einer zweiten Halbbrücke (die linke Halbbrücke aus der **Fig. 9**) **250** mit einem ersten und einem zweiten Leistungshalbleiter **251**, **252** ausgebildet ist. Die beiden Halbbrücken **240**, **250** bilden zusammen eine Vollbrücke mit vier Leistungshalbleitern **241**, **242**, **251**, **252**. Parallel zu den Leistungshalbleitern **241**, **242**, **251**, **252** ist jeweils eine Diode **260** geschaltet, deren Durchlassrichtung entgegen der Durchlassrichtung des entsprechenden Leistungshalbleiters **241**, **242**, **251**, **252** verläuft.

[0086] Die erste Halbbrücke **240** ist an einem ersten, dem ersten Leistungshalbleiter (der erste Leistungshalbleiterschalter der rechten Halbbrücke aus der **Fig. 9**) **241** zugeordneten Anschluss mit einem Pluspol **222** der Batteriezellenschaltung **226** und an einem zweiten, dem zweiten Leistungshalbleiter **242** (der zweite Leistungshalbleiterschalter der rechten Halbbrücke aus der **Fig. 9**) zugeordneten Anschluss mit dem Minuspol **223** der Batteriezellenschaltung **226** verbunden. Die erste Halbbrücke **240** ist ferner an einem Mittelanschluss mit einem ersten Ausgangsterminal **224** des Batteriemoduls **221** verbunden.

[0087] Die zweite Halbbrücke **250** ist an einem ersten, dem ersten Leistungshalbleiter (der erste Leistungshalbleiterschalter der linken Halbbrücke aus der **Fig. 9**) **251** zugeordneten Anschluss mit dem Pluspol **222** der Batteriezellenschaltung **226** und an einem zweiten, dem zweiten Leistungshalbleiter (der zweite Leistungshalbleiterschalter der linken Halbbrücke aus der **Fig. 9**) **252** zugeordneten Anschluss mit dem Minuspol **223** der Batteriezellenschaltung **226** verbunden. Die zweite Halbbrücke **250** ist ferner an einem Mittelanschluss mit einem zweiten Ausgangsterminal **225** des Batteriemoduls **221** verbunden.

[0088] Die Sicherheitsfunktionen der Vollbrücke nach **Fig. 8** sind ähnlich zu der der Halbbrücke nach **Fig. 4**. Aufgrund der Vollbrückenordnung können die Leistungshalbleiter **241**, **242**, **251**, **252** mittels der erfindungsgemäßen Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** jedoch derartig angesteuert werden, dass wenn im Normalbetrieb des Batteriemoduls **221** die Batteriemodulspannung an die Ausgangsterminals **224**, **225** in positiver Orientierung ($+U_{\text{Batteriemodul}}$) abgeben soll, der erste Leistungshalbleiter **241** der ersten Halbbrücke **240** sowie der zweite Leistungshalbleiter **252** der zweiten Halbbrücke **250** eingeschaltet und die anderen zwei Leistungshalbleiter **242**, **251** ausgeschaltet sind.

[0089] Ferner können die Leistungshalbleiter **241**, **242**, **251**, **252** mittels der erfindungsgemäßen Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** derartig angesteuert werden, dass wenn im Normalbetrieb das Batteriemodul **226** die Batteriemodulspannung an den Ausgangsterminals **224**, **225** in negativer Orientierung ($-U_{\text{Batteriemodul}}$) abgeben soll, der zweite Leistungshalbleiter **242** der ersten Halbbrücke **240** sowie der erste Leistungshalbleiter **251** der zweiten Halbbrücke **250** eingeschaltet und die anderen beiden Leistungshalbleiter **241**, **252** ausgeschaltet sind.

[0090] Die Leistungshalbleiter **241**, **242**, **251**, **252** können mittels der erfindungsgemäßen Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** ferner derartig angesteuert werden, dass im Normalbetrieb des Batteriemoduls **221** optional auch ein Funktionszustand des Batteriemoduls **221** einstellbar ist, in dem das Batteriemodul **221** keine Ausgangsspannung abgibt. In diesem Zustand sind entweder die ersten Leistungshalbleiter **241**, **251** der beiden Halbbrücken **240**, **250** eingeschaltet und die anderen beiden Leistungshalbleiter **242**, **252** ausgeschaltet oder die zweiten Leistungshalbleiter **242**, **252** der beiden Halbbrücken **240**, **250** eingeschaltet und die anderen beiden Leistungshalbleiter **241**, **251** ausgeschaltet.

[0091] Erkennt die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** ausgehend vom Normalbetrieb des Batteriemoduls **221** eine drohende Überladung des Batteriemodus **221** anhand einer Überschreitung eines ersten Spannungsgrenzwertes oder eine Batteriezellenspannung und/oder Batteriemodulspannung, deren Betrag einen zweiten Spannungsgrenzwert unterschreitet, und/oder einen Ladestrom, dessen Betrag einen vorbestimmten Ladestromgrenzwert überschreitet, und/oder einen Entladestrom, dessen Betrag einen vorbestimmten Entladestromgrenzwert überschreitet, so werden die Leistungshalbleiter **241**, **242**, **251**, **252** der Koppereinheit in einen Schaltzustand versetzt, bei dem durch die Batterie zelle kein Strom fließt. Dies kann dadurch erreicht werden, indem entweder die ersten Leistungshalbleiter **241**, **251** der beiden Halbbrücken **240**, **250** eingeschaltet und die anderen beiden Leistungshal-

leiter **242, 252** ausgeschaltet oder alternativ die zweiten Leistungshalbleiter **242, 252** der beiden Halbbrücken **240, 250** eingeschaltet und die anderen beiden Leistungshalbleiter **241, 242** ausgeschaltet werden.

[0092] Analog kann bei der zweiten Ausführungsform der Erfindung, wenn der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** des erfindungsgemäßen eigensicheren Batteriemoduls **221** beispielsweise in einem Fahrzeug von einem Batteriemanagementsystem **211** mitgeteilt wird, dass das Fahrzeug einen Unfall hatte, das Batteriemodul **221** über eine der beiden Halbbrücken **240, 250** oder auch über beide Halbbrücken **240, 250** parallel entladen werden, wobei bevorzugt zum Laden jedoch die ultraschnelle Entladeschaltung **270** verwendet wird.

[0093] Wird das Batteriemodul **221** beispielsweise im Rahmen von UN Transport-Tests einem Nageleindringtest (Nail Penetration Test) oder einem Stoßtest (Crush Test) unterzogen oder befindet sich in vergleichbaren Situationen, dann erkennt die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** über die Auswertung einer Batteriezellspannung und/oder der Batteriemodulspannung, dass das Batteriemodul **221** durch Ströme entladen wird, ohne dass es betrieben wird. Dies kann beispielsweise durch Erkennung eines Spannungseinbruchs des Batteriemoduls **221** erfolgen. Die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** löst dann sofort das Entladen des Batteriemoduls **221** über die erfindungsgemäße Entladeschaltung **270** aus, und das Batteriemodul **221** wird dann im Wesentlichen über die Entladeschaltung **270** entladen.

[0094] Wird das Batteriemodul **221** einer starken Erwärmung ausgesetzt, so kann dies von der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** erkannt werden. Da die Zeitkonstanten für die Erwärmung des Batteriemoduls **221** beziehungsweise der Batteriezellen **21** im Allgemeinen sehr groß sind, kann über die erfindungsgemäße Entladeschaltung **270** rechtzeitig eine Entladung des Batteriemoduls **221** herbeigeführt werden, bevor eine Batteriezelltemperatur und/oder eine Batteriemodultemperatur kritische Werte übersteigt. Optional kann eine Entladung des Batteriemoduls **221** auch über die beiden Halbbrücken **240, 250** erfolgen. Um die Entladeschaltung **270** zu unterstützen, werden mittels der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** insbesondere die beiden zweiten Leistungshalbleiter **242, 252** der beiden Halbbrücken **240, 250** eingeschaltet. Dadurch wird das Batteriemodul **221** wesentlich sicherer als gegenüber dem Stand der Technik.

[0095] Bei den hier vorgestellten, erfindungsgemäßen Batteriemodulen **221** bleibt die an den Ausgangsterminals **224, 225** anliegende Batteriemodulspannung bei der Aktivierung der Sicherheitsmaßnahmen, die über die Veränderung der Schaltzustän-

de in den Halbbrücken **240, 250** geschehen, oder bei der Aktivierung der ultraschnellen Entladeschaltung (UFDD) **270**, dem Betrag nach immer kleiner als die maximal zulässige Batteriemodulspannung von beispielsweise $4,2 \text{ V} \times n$ (n =Anzahl der Batteriezellen **21** in der Batteriezellschaltung **226** des Batteriemoduls **221**). Dies stellt ebenfalls eine gegenüber dem heutigen Stand der Technik erhebliche Verbesserung dar, da ansonsten beispielsweise bei der Aktivierung einer batteriezellinternen Schmelzsicherung sehr hohe negative Spannungen, die bei Elektrofahrzeugbatterien bis zu -400 V betragen können, auftreten können, die der Elektronik eines Batteriemanagementsystems große Probleme bereiten.

[0096] In der Fig. 9 wird das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls **221** nach einer anderen Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Im Unterschied zu den in den Fig. 4, Fig. 5 und Fig. 8 gezeigten Ausführungsformen sind die Batteriezellen **21** hier jeweils mit einer eigenen Zellüberwachungselektronik **231** ausgestattet. Ferner ist, ähnlich wie bei den weiter oben diskutierten Ausführungsformen, auch eine zentrale Zellüberwachungselektronik **229** vorhanden, wobei jedoch einige Funktionen der Zellüberwachung statt in der zentralen Zellüberwachungselektronik **229** nunmehr in den einzelnen Batteriezellen **21** beziehungsweise in den entsprechenden Batteriezell-eigenen Zellüberwachungselektroniken **231** ausgeführt werden. Dazu kommuniziert die zentrale Zellüberwachungselektronik **229** mit den einzelnen Zellüberwachungselektroniken **231** in den Batteriezellen. Diese Kommunikation **235** kann mittels eines Busses erfolgen, an den sowohl die zentrale Zellüberwachungselektronik **229** als auch die Batteriezell-eigenen Zellüberwachungselektroniken **231** angeschlossen sind. Die erfindungsgemäße Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** hingegen kommuniziert, ähnlich wie nach den Fig. 4, Fig. 5, und Fig. 8, mit der zentralen Zellüberwachungselektronik **229**.

[0097] In der Fig. 10 ist das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls nach noch einer anderen Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Im Unterschied zu der Ausführungsform nach Fig. 9 sind die Batteriezell-eigenen Zellüberwachungselektroniken **231** hier jeweils über einen eigenen, das heißt separaten Kommunikationsbus mit der zentralen Zellüberwachungselektronik **229** verbunden, die hierzu ausgangsseitig eine entsprechend höhere Zahl an Schnittstellen aufweist.

[0098] Die Fig. 11 zeigt das Prinzipschaltbild eines Batteriemoduls **221** nach noch einer anderen Ausführungsform der Erfindung, wobei gemäß dieser Ausführungsform eine Kommunikationsverbindung **235** zwischen einer Batteriezell-eigenen Zellüberwachungselektronik **231** und der zentralen Zellüberwachungselektronik **229** vorhanden ist, so dass

die zentrale Zellüberwachungselektronik **229** lediglich mit einer einzigen der Zellüberwachungselektroniken **231** direkt kommuniziert. Die Batteriezell-eigenen Zellüberwachungselektroniken **231** kommunizieren untereinander beispielsweise über eine Daisy-Chain, so dass alle relevanten Batteriezell-Daten zunächst über die Daisy-Chain und dann über die Kommunikationsverbindung, die in den Figuren mit dem Bezugszeichen **235** bezeichnet ist, übertragen werden.

[0099] Die Erfindung ist nicht auf solche Batteriezell-eigene Zellüberwachungselektroniken **231** beschränkt, die innerhalb einer jeweiligen Batteriezelle **21** angeordnet sind. Alternativ ist denkbar, dass für jede Batteriezelle **21** eine entsprechende separate Zellüberwachungselektronik **231** außerhalb der Batteriezelle **21** angeordnet und mit der Batteriezelle **21** verschaltet ist, wobei optional eine zentrale (Haupt-)Zellüberwachungselektronik **229** vorhanden sein kann.

[0100] Die **Fig. 12** bis **Fig. 14** zeigen weitere Ausführungsformen der Erfindung, wobei bei diesen Ausführungsformen die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** direkt mit den Batteriezell-eigenen Zellüberwachungselektroniken **231** verbunden ist, ohne dass dazu eine zentrale Zellüberwachungselektronik **229** vorhanden ist. Somit werden manche Zellüberwachungsaufgaben direkt in/auf den Batteriezellen **21** ausgeführt, wobei ermittelte Messergebnisse und Ausgaben der Zellüberwachungselektroniken **231** unmittelbar an die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** kommuniziert werden.

[0101] Die Kommunikation **235** zwischen der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** und den Zellüberwachungselektroniken **231** erfolgt dabei ähnlich wie bei den Ausführungsformen, die weiter oben in Verbindung mit den **Fig. 9** bis **Fig. 11** diskutiert wurden, mit dem Unterschied, dass der oder die entsprechenden Kommunikationsbusse an die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** und nicht an eine zentrale Zellüberwachungseinheit angeschlossen sind. So zeigt **Fig. 12** eine Ausführungsform der Erfindung, bei der die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** über einen Bus mit den Zellüberwachungselektroniken **231** verbunden ist, und in **Fig. 13** sind mehrere Kommunikationsverbindungen bzw. Busse zwischen der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** einerseits und den jeweiligen Zellüberwachungselektroniken **231** andererseits vorhanden. Ferner zeigt **Fig. 14** ein Ausführungsbeispiel, bei denen die Zellüberwachungselektroniken **231** untereinander kommunizieren, wobei eine von den Zellüberwachungselektroniken **231** mit der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** verbunden ist.

[0102] Wie der Fachmann erkennt, können unterschiedliche Kombinationen von einer zentralen Zellüberwachungselektronik **229** und Batteriezell-eigenen Zellüberwachungselektroniken **231** in einem Batteriemodul **221**, das eine Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** mit der erfindungsgemäßen Entladevorrichtung **270** aufweist, angeordnet werden. Beispiele dafür wurden insbesondere weiter oben in Zusammenhang mit den **Fig. 8** bis **Fig. 14** diskutiert. So sind auch die in den **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigten Batteriemodule **221** nicht auf die dort dargestellte beispielhafte Topologie beschränkt. Vielmehr kann die Topologie der in den **Fig. 4** bis **Fig. 5** gezeigten Batteriemodule **221** analog auch wie die in den **Fig. 9** bis **Fig. 14** gezeigten Schaltungstopologien aufgebaut sein. Mit anderen Worten, obgleich nach den **Fig. 4** und **Fig. 5** die Verschaltungstopologie für die Kommunikation **235** zwischen der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** und der Zellüberwachungselektronik **228**, **229** der in **Fig. 8** gezeigten Topologie entspricht, kann bei anderen Ausführungsbeispielen die Verschaltungstopologie auch den in den **Fig. 9** bis **Fig. 14** gezeigten Topologien entsprechen, wobei diese alternativen Ausführungsformen an dieser Stelle der Kürze halber nicht separat dargestellt werden.

[0103] Die hier vorgestellten erfindungsgemäßen Batteriemodule **221** sind nicht auf Lithium-Ionen-Batteriezellen beschränkt. Sie können vielmehr auch andere Batteriezelltechnologien, wie beispielsweise für Nickel-Metallhydrid-Batteriezellen, umfassen.

[0104] Bei den hier dargestellten erfindungsgemäßen eigensicheren Batteriemodulen **221** mit unpolbarer Ausgangsspannung können die bisher eingesetzten Überladesicherheitsvorrichtungen (Overcharge Safety Devices (OSDs) und die Batteriezellsicherung (Cell Fuses) entfallen. Die zur Erhöhung der Sicherheit bei mechanischer Deformierung oder Penetration eingesetzten Maßnahmen, wie beispielsweise das Einrichten eines Batteriemoduls mit einer integrierten Nadeleindringsicherheitsvorrichtung können entweder ebenfalls entfallen oder zumindest wesentlich einfacher ausgeführt werden. Mit den hier vorgestellten erfindungsgemäßen Batteriemodulen **221** können Batteriesysteme aufgebaut werden, an dessen Batteriemanagementsysteme **211** wesentlich geringere Anforderungen als an den aus dem Stand der Technik bekannten Batteriesysteme gestellt werden. Die Elektronik der Batteriemanagementsysteme **211** kann daher voraussichtlich lediglich mit den üblichen Qualitätssicherungsmaßnahmen (ASIL-Einstufung QM) entwickelt werden und muss nicht ASIL C erfüllen. Die Sicherheit der Batteriesysteme kann gegenüber dem heutigen Stand der Technik erheblich verbessert werden.

[0105] In der **Fig. 15** wird die Struktur einer Batterie mit einer beispielhaften Ausführungsform des er-

findungsgemäßen Batteriemoduls **221** gezeigt. Wie aus der **Fig. 15** ersichtlich, weist jedes Batteriemodul **221** der dort gezeigten Batterie eine Entladeschaltung **270** und eine Koppeleinheit mit einer Halbbrücke **240** auf. Der Einfachheit der Darstellung halber wurde auf die explizite Darstellung der in jedem Batteriemodul **221** angeordneten Überwachungs- und Ansteuerungseinheit **230** verzichtet.

[0106] Aufgrund der Funktionalität der hier vorgestellten erfindungsgemäßen Batteriemodule **221**, die Batteriemodulspannung umzupolen, eignen sich die erfindungsgemäßen Batteriemodule **221** insbesondere für den Einsatz in Batteriedirektinvertern **210** mit stufig einstellbaren Ausgangsspannungen.

[0107] Ein Beispiel für den Einsatz der hier vorgestellten erfindungsgemäßen elektrisch eigensicheren Batteriemodule **221** ist der in der **Fig. 16** dargestellte Batteriedirektinverter **210**. Der in der **Fig. 16** dargestellte Batteriedirektinverter **210** ist ein dreiphasiges Batteriesystem mit einer stufig einstellbaren Ausgangsspannung. Der Batteriedirektinverter **210** umfasst drei Batteriestränge **280, 290, 300**, die jeweils eine Reihenschaltung aus mehreren erfindungsgemäßen Batteriemodulen **221** aufweisen. Diese Reihenschaltungen der Batteriestränge **280, 290, 300** sind mit den positiven Batteriestrangpolen **281, 291, 301** jeweils über eine Lade- und Trenneinrichtung **40** und mit den negativen Batteriestrangpolen **282, 292, 302** jeweils über eine Trenneinrichtung **50** verbunden.

[0108] Erfindungsgemäß werden die Batteriezellen oder Batteriemodule dabei derart angesteuert, dass sich deren Betriebsparameter innerhalb der jeweiligen Grenzwerte befinden, die für einen sicheren Betrieb notwendig sind.

[0109] So werden Lithium-Ionen-Batteriezellen typischerweise innerhalb eines Spannungsbereichs U_{min} bis U_{max} von 2,8 V bis 4,2 V, oder bevorzugt 3,0 V bis 4,2 V Volt betrieben. Dies gilt insbesondere für sicherheitsrelevante für Werte U_{min_safety} oder U_{max_safety} . Diese Angaben gelten jedoch für die zu messenden Spannungen $U_{Batterie}$ im Leerlauf, das heißt, wenn kein Strom durch die Batteriezelle fließt. Dabei sind diese Grenzwerte unbedingt zu beachten, da ansonsten die Elektroden Beschädigungen erleiden können.

[0110] Die Leerlaufspannung der Batteriezellen hängt im Wesentlichen von deren Ladezustand ab. Dabei wird typischerweise bei einer Spannung $U_{Batterie}$ von 2,8 V ein Ladezustand SOC von 0%, bei 3,5 V ein Ladezustand von 20%, und bei 4,2 V ein Ladezustand von 100% angenommen, wobei diese Werte jeweils von Art und Material der Kathode, der Anode, und/oder des verwendeten Elektrolyts abhängen.

[0111] Wenn ein Strom durch eine Batteriezelle fließt, können die Batteriezellspannungen $U_{Batterie}$ von den obigen Zahlenangaben abweichen. Angenommen, die Leerlaufspannung betrage 3,5 V, und der Innenwiderstand der Batteriezelle bei 25 °C sei 10 m Ω . Bei einem Ladestrom von 100 A ergäbe das dann einen zu messenden Spannungswert $U_{Batterie}$ von 3,5 V + 1,0 V = 4,5 V. Bei einer Temperatur von 0 °C beträgt der Innenwiderstand der Batteriezelle beispielhaft jedoch bis zu 50 m Ω , was bei einem beispielhaften Entladestrom von 50 A einen Spannungswert $U_{Batterie}$ von 3,5 V minus 2,5 V = 1,0 V ergäbe. Aufgrund der angewandten Ansteuerung und der verwendeten Sensoren werden diese Spannungswerte bei Raumtemperatur beziehungsweise bei 0°C aber nicht erreicht. Allgemein können im Betrieb der Batteriezellen der Wert für U_{max} zwischen 4,2 V und 5,0 V liegen und der Wert für U_{min} zwischen 1,5 V und 4,2 V, vorzugsweise zwischen 1,8 V und 4,15 V, diese Werte beziehen sich jedoch nicht auf die Leerlaufspannung.

[0112] Die obigen Spannungswerte gelten für eine einzelne Batteriezelle. Für ein Batteriemodul kommt es darauf an, wie viele Zellen in Reihe oder parallel geschaltet sind. So liegt die zulässige Modul-Leerlaufspannung $U_{Batteriemodul}$ zwischen $n \times 2,8$ V bis $n \times 4,2$ V, wobei n für die Anzahl der Batteriezellen steht, die miteinander in Reihe geschaltet sind.

[0113] Grenzwerte für Temperaturen bei Lithium-Ionen-Batteriezellen liegen etwa bei $T_{min} = -40$ °C und $T_{max} = 30$ °C bis 50 °C, bevorzugt 30°C bis 45 °C, am meisten bevorzugt 35°C bis 40°C. Aus Sicherheitsaspekten sollte eine maximale Temperatur T_{max_safety} von 46°C bis 80°C, bevorzugt 50°C bis 60°C nicht überschritten werden. Ferner sollte die maximale Außentemperatur $T_{au\ss en}$, bei der die Batteriezellen betrieben werden, 40 °C nicht übersteigen.

[0114] Die Batterieströme durch die Batteriezellen sollten nicht außerhalb eines Bereichs von -1000 A bis +1000 A, bevorzugt -600 A bis +600 A, noch mehr bevorzugt -500 A bis +500 A, noch mehr bevorzugt -450 A bis +450 A, und noch mehr bevorzugt -350 A bis +350 A, liegen.

[0115] Der Innendruck einer Batteriezelle sollte den Druckbereich von 2 bar bis 8 bar, bevorzugt 3 bar bis 7 bar, nicht verlassen.

[0116] Die obige Diskussion wurde beispielhaft für Lithium-Ionen-Batteriezellen beziehungsweise Lithium-Ionen-Batteriemodule geführt, wobei die angegebenen Werte insbesondere für Lithium-Ionen-Batteriezellen mit Lithium-Mangan-Kobalt-Oxid als Aktivmaterial für die Kathode gelten. Jedoch ist die Erfindung jedoch nicht auf solche Batteriezellen, insbesondere nicht auf Lithium-Ionen-Batteriezellen beschränkt. In der Praxis hängen die Zahlenwerte der

zu wählenden Betriebsparameter somit vom jeweiligen Batteriezelltyp ab.

[0117] Neben der voranstehenden schriftlichen Offenbarung wird hiermit zur weiteren Offenbarung der Erfindung ergänzend auf die Darstellung in den **Fig. 1** bis **Fig. 16** Bezug genommen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- ISO 26262 [0012]

Patentansprüche

1. Batteriemodul (221) mit einer Batteriezellenschaltung (226) mit mehreren Batteriezellen (21) und mit einer Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230) zur Überwachung des Funktionszustands des Batteriemoduls (221), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Batteriemodul (221) eine Koppereinheit mit in Halbbrückenordnung geschalteten Leistungshalbleitern (241, 242) zum Koppeln der Batteriezellenschaltung (226) an Ausgangsterminals (224, 225) des Batteriemoduls (221) und eine mit der Batteriezellenschaltung (226) gekoppelte Entladeschaltung (270) zum schnellen Entladen des Batteriemoduls (221) umfasst, wobei die Leistungshalbleiter (241, 242) durch die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230) ansteuerbar sind.

2. Batteriemodul (221) nach Anspruch 1, wobei die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230) ausgebildet ist, eine Batteriezellenspannung und/oder Batteriemodulspannung und/oder einen durch das Batteriemodul (221) fließenden Strom zu überwachen und bei Vorliegen einer Batteriezellenspannung oder Batteriemodulspannung, deren Betrag einen ersten Spannungsgrenzwert überschreitet, und/oder bei Vorliegen einer Batteriezellenspannung oder Batteriemodulspannung, deren Betrag einen zweiten Spannungsgrenzwert unterschreitet, und/oder bei Vorliegen eines Ladestroms, dessen Betrag einen vorbestimmten Ladestromgrenzwert überschreitet, und/oder bei Vorliegen eines Entladestroms, dessen Betrag einen vorbestimmten Entladestromgrenzwert überschreitet, die Leistungshalbleiter (241, 242) der Koppereinheit in einen Schaltzustand zu versetzen, bei dem durch das Batteriemodul (221) kein Strom fließt.

3. Batteriemodul (221) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230) ausgebildet ist, das Vorliegen einer Gefahrensituation anhand von insbesondere durch ein Batteriemanagementsystem kommunizierter Information und/oder einer Auswertung einer gemessenen Zelltemperatur oder Batteriemodultemperatur, insbesondere bei einer einen vorbestimmten Temperaturgrenzwert überschreitenden Zelltemperatur oder Batteriemodultemperatur, und/oder einer Auswertung der Batteriemodulspannung, insbesondere bei einem Spannungseinbruch der Batteriemodulspannung, zu erkennen und bei Vorliegen der Gefahrensituation die Entladeschaltung (270) zum schnellen Entladen des Batteriemoduls (221) zu aktivieren.

4. Batteriemodul (221) nach Anspruch 3, wobei die Entladeschaltung (270) eine Serienschaltung mit einem Widerstand (272) und einem Leistungshalbleiter (271), insbesondere mit einem Thyristor und/oder einer Abtactschaltung mit einem Abtactschalter und einem Abtaktwiderstand, umfasst und dazu eingerich-

tet ist, im aktivierten Zustand das Batteriemodul (221) mittels einem vorbestimmten Entladestrom oder einem durch Ansteuerung der Entladeschaltung (270) mittels der Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230) steuerbaren Entladestrom zu entladen.

5. Batteriemodul (221) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Koppereinheit zwei Halbbrücken aufweist, die jeweils einen mit einem Pluspol (222) der Batteriezellenschaltung (226) gekoppelten ersten Leistungshalbleiter (241, 251), einen mit einem Minuspol (223) der Batteriezellenschaltung (226) gekoppelten zweiten Leistungshalbleiter (242, 252) und einen Mittelanschluss umfassen und über den jeweiligen Mittelanschluss mit einem jeweils anderen Ausgangsterminal (224, 225) des Batteriemoduls (221) verbunden sind, wobei das Batteriemodul (221) eingerichtet ist, in einem Normalbetrieb die Koppereinheit mittels Ansteuerung durch die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230) derartig zu betreiben, dass wahlweise eine Batteriemodulspannung in positiver oder negativer Orientierung oder keine Batteriemodulspannung an den Ausgangsterminals (224, 225) des Batteriemoduls (221) anliegt.

6. Verfahren zum Überwachen eines Batteriemoduls (221) mit einer Batteriezellenschaltung (226) aus mehreren Batteriezellen (21) mittels einer in dem Batteriemodul (221) angeordneten Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Batteriemodul (221) mittels einer Koppereinheit betrieben wird, die in Halbbrückenordnung geschaltete Leistungshalbleiter (241, 242) zum Koppeln der Batteriezellenschaltung (226) an Ausgangsterminals (224, 255) des Batteriemoduls (221) umfasst, wobei wenn durch die Überwachungs- und Ansteuerungseinheit (230) eine Fehlersituation oder Gefahrensituation des Batteriemoduls (226) festgestellt wird, die Batteriezellenschaltung (226) mittels der Koppereinheit und/oder mittels einer mit der Batteriezellenschaltung (226) gekoppelten Entladeschaltung (270), die zum schnellen Entladen des Batteriemoduls (226) vorgesehen ist, in einen sicheren Zustand versetzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Batteriemodul (221) durch Entladen in den sicheren Zustand versetzt wird, indem die Koppereinheit so gesteuert wird, dass in der Halbbrücke (240, 250) ein Leistungshalbleiter (241, 242) eingeschaltet und der andere Leistungshalbleiter (241, 242) in einem aktiven Betrieb als steuerbarer Widerstand betrieben wird, und/oder das Batteriemodul (226) mittels der Entladeschaltung (270) mit einem durch die Entladeschaltung (270) fließenden Entladestrom, der einem vorbestimmten Bruchteil eines Kurzschlussstroms des Batteriemoduls (221) entspricht, entladen wird,

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei das Batteriemodul (221) in den sicheren Zustand ver-

setzt wird, indem ein erster Leistungshalbleiter (**241, 251**) der Halbbrücke (**240, 250**) eingeschaltet wird, so dass ein erstes Ausgangsterminal und ein zweites Ausgangsterminal des Batteriemoduls (**221**) leitend verbunden werden, und ein zweiter Leistungshalbleiter (**242, 252**) derselben Halbbrücke (**240, 250**) ausgeschaltet wird, oder, bei Verwendung einer Koppel-einheit aus zwei Halbbrücken (**240, 250**), jeweils zwei mit dem ersten Ausgangsterminal (**224**) verbundene Leistungshalbleiter (**241, 251**) oder zwei mit dem zweiten Ausgangsterminal (**225**) verbundene Leistungshalbleiter (**242, 252**) eingeschaltet werden.

9. Batteriesystem (**210**), gekennzeichnet dadurch, dass das Batteriesystem (**210**) eine Batterie mit mindestens einem Batteriestrang (**280, 290, 300**), in dem mehrere Batteriemodule (**221**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 angeordnet sind, und ein Batteriemanagementsystem (**211**) umfasst, wobei das Batteriemanagementsystem (**211**) dazu ausgebildet ist, mit den Überwachungs- und Ansteuerungseinheiten (**230**) der Batteriemodule (**221**) zu kommunizieren.

10. Kraftfahrzeug mit einem Elektromotor und einer Traktionsbatterie zur Versorgung des Elektromotors, die eine Batteriemodul (**221**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 oder das Batteriesystem (**210**) nach Anspruch 9 umfasst.

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

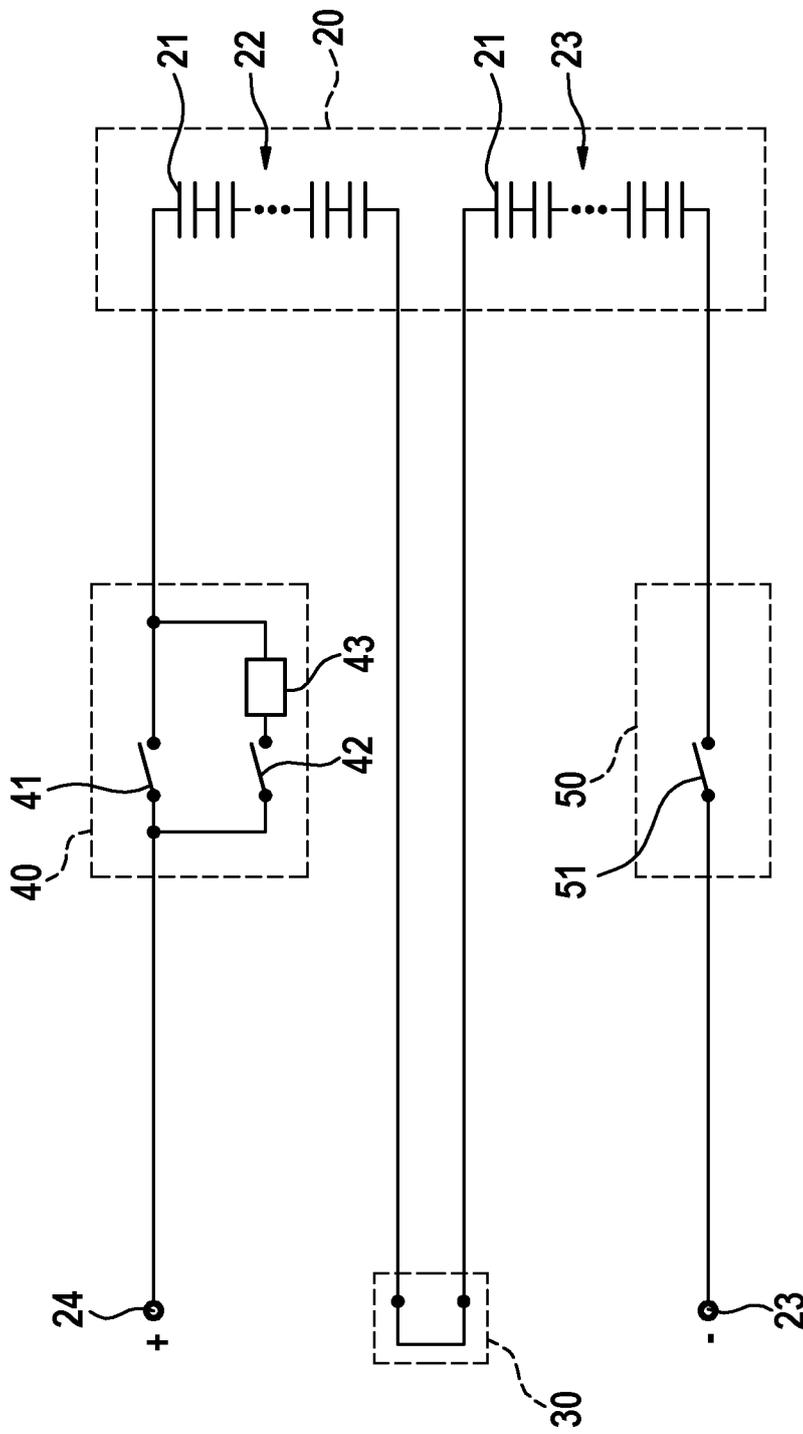


Fig. 1
(Stand der Technik)

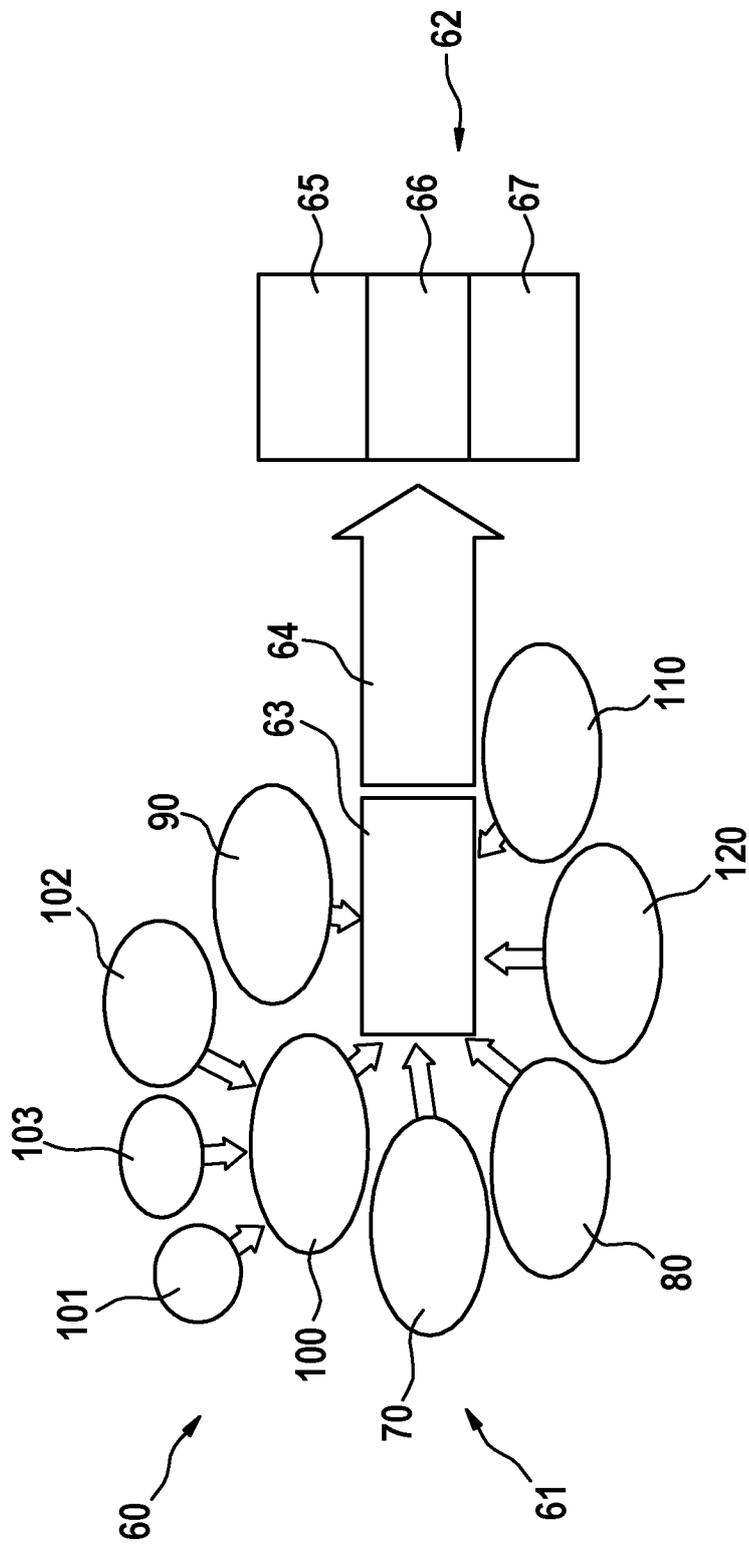


Fig. 2
(Stand der Technik)

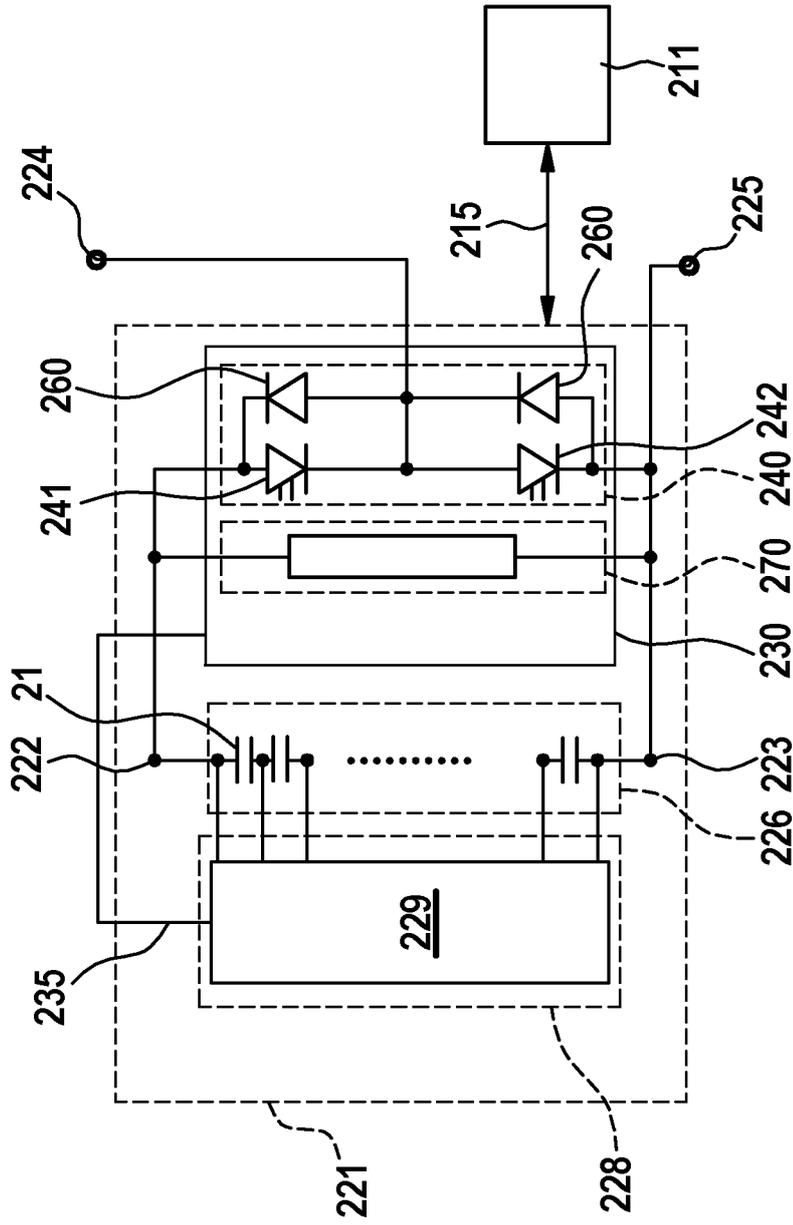


Fig. 4

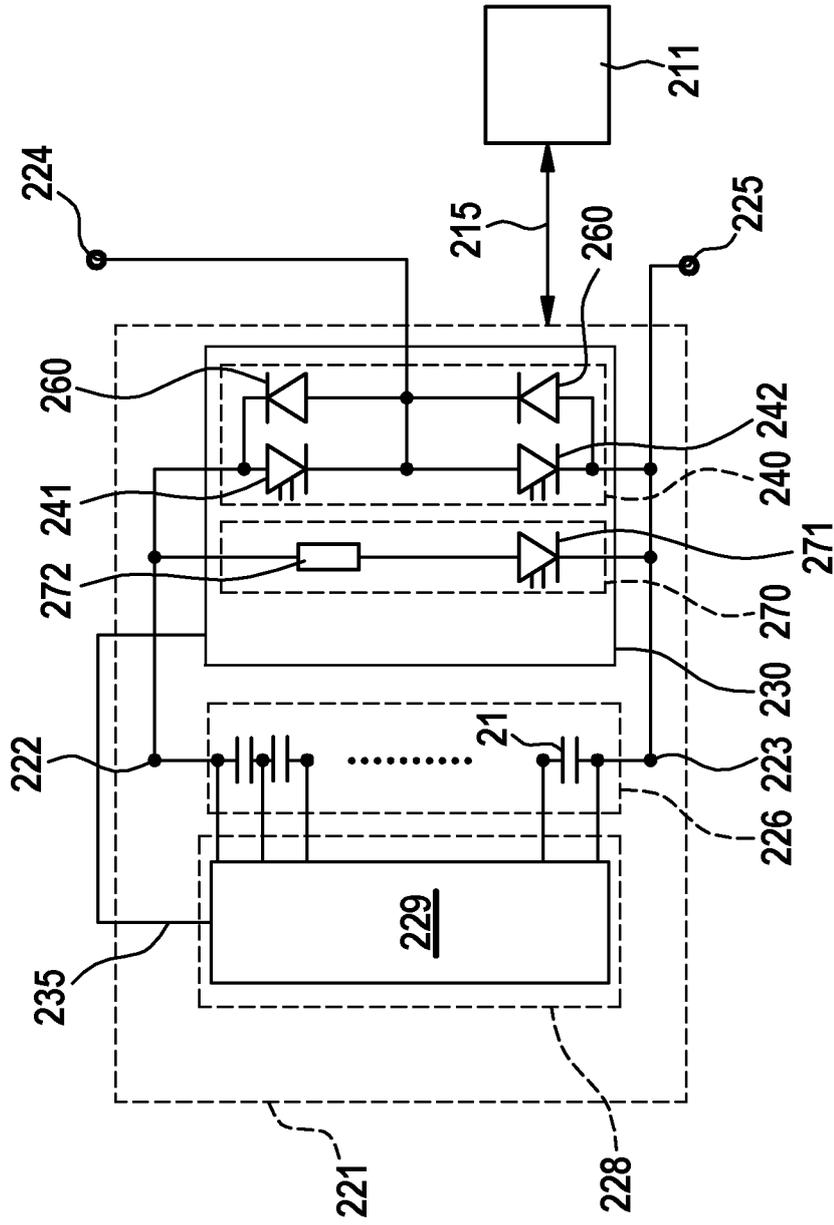


Fig. 5

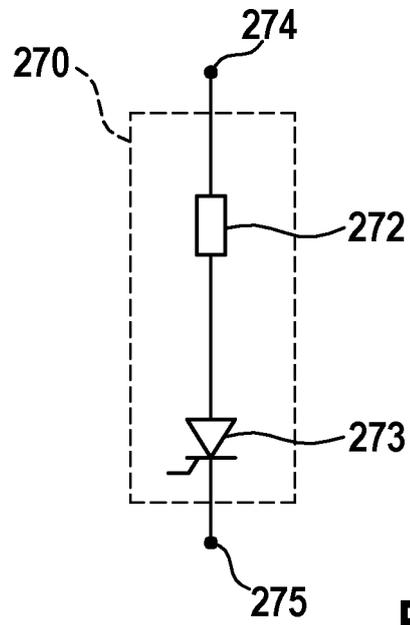


Fig. 6

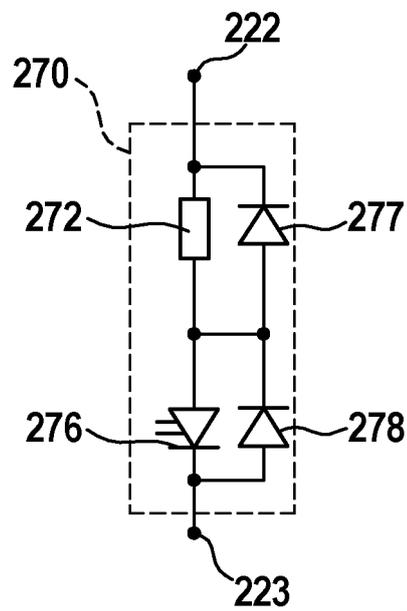


Fig. 7

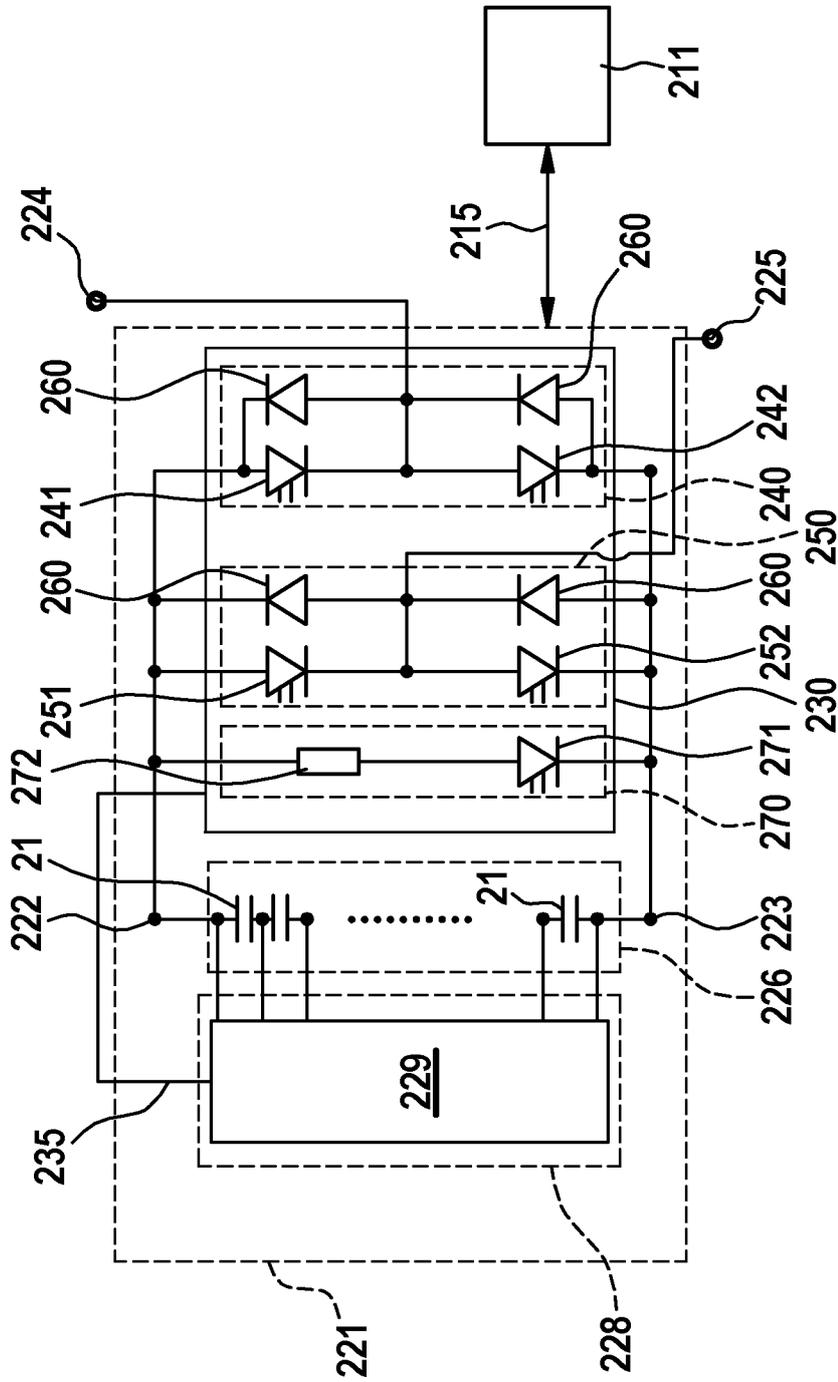


Fig. 8

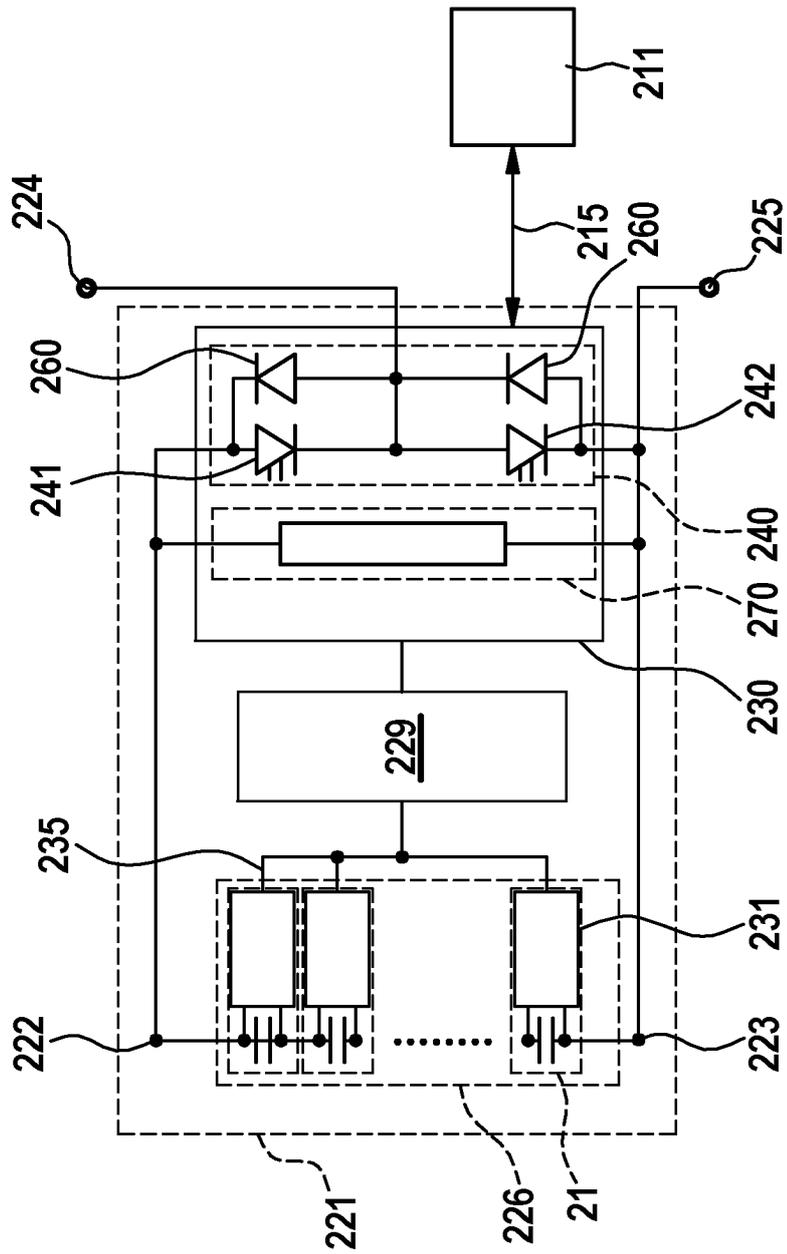


Fig. 9

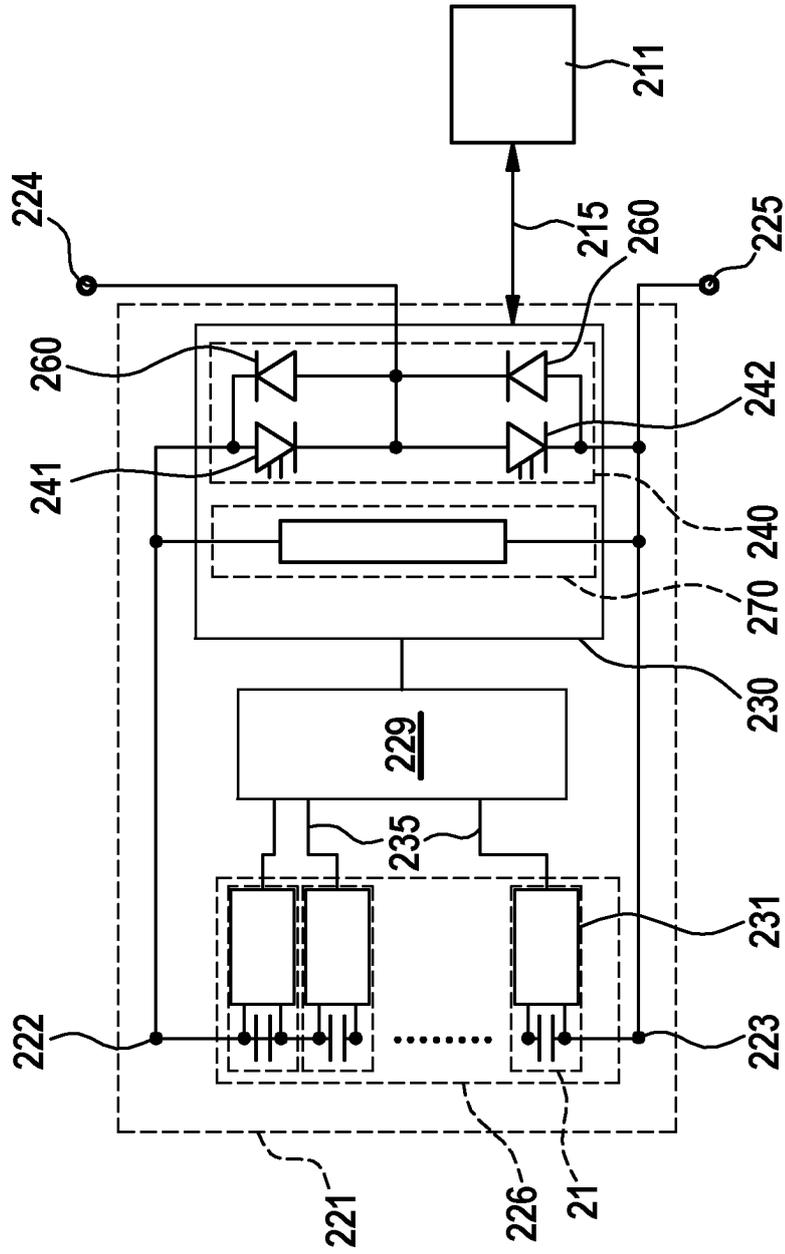


Fig. 10

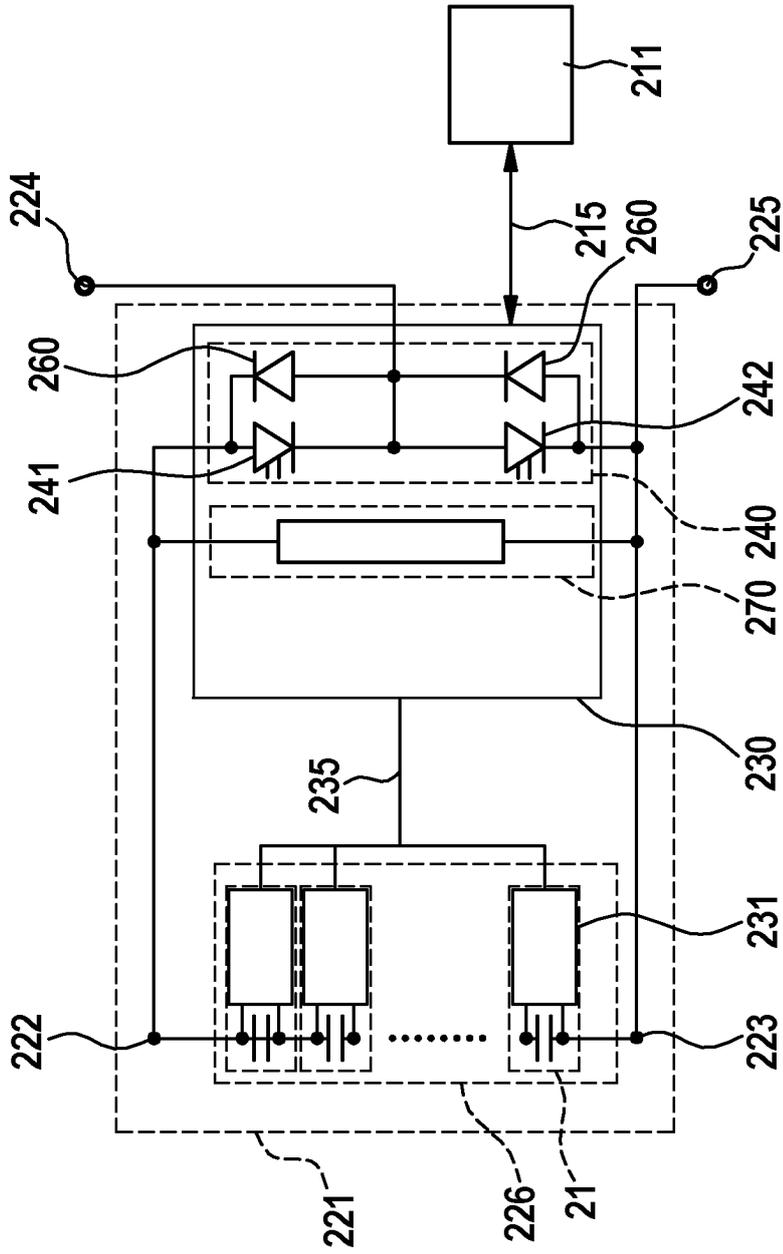


Fig. 12

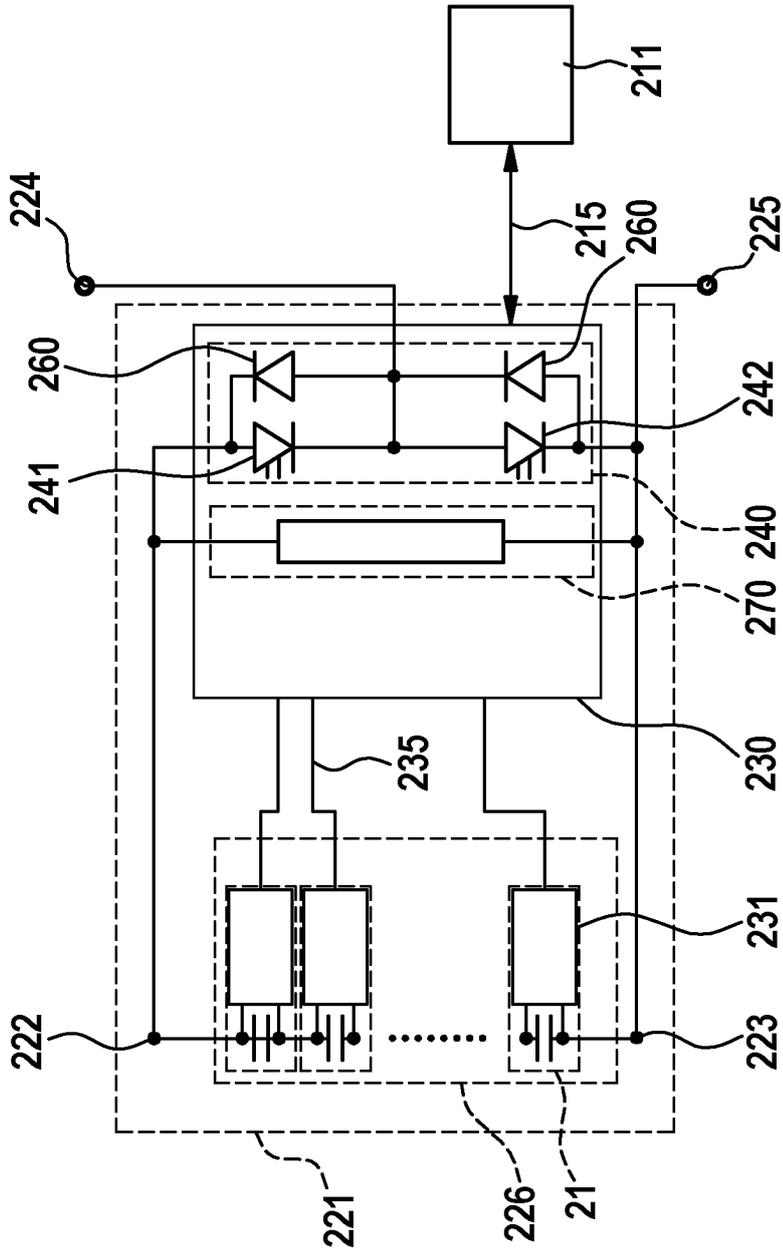


Fig. 13

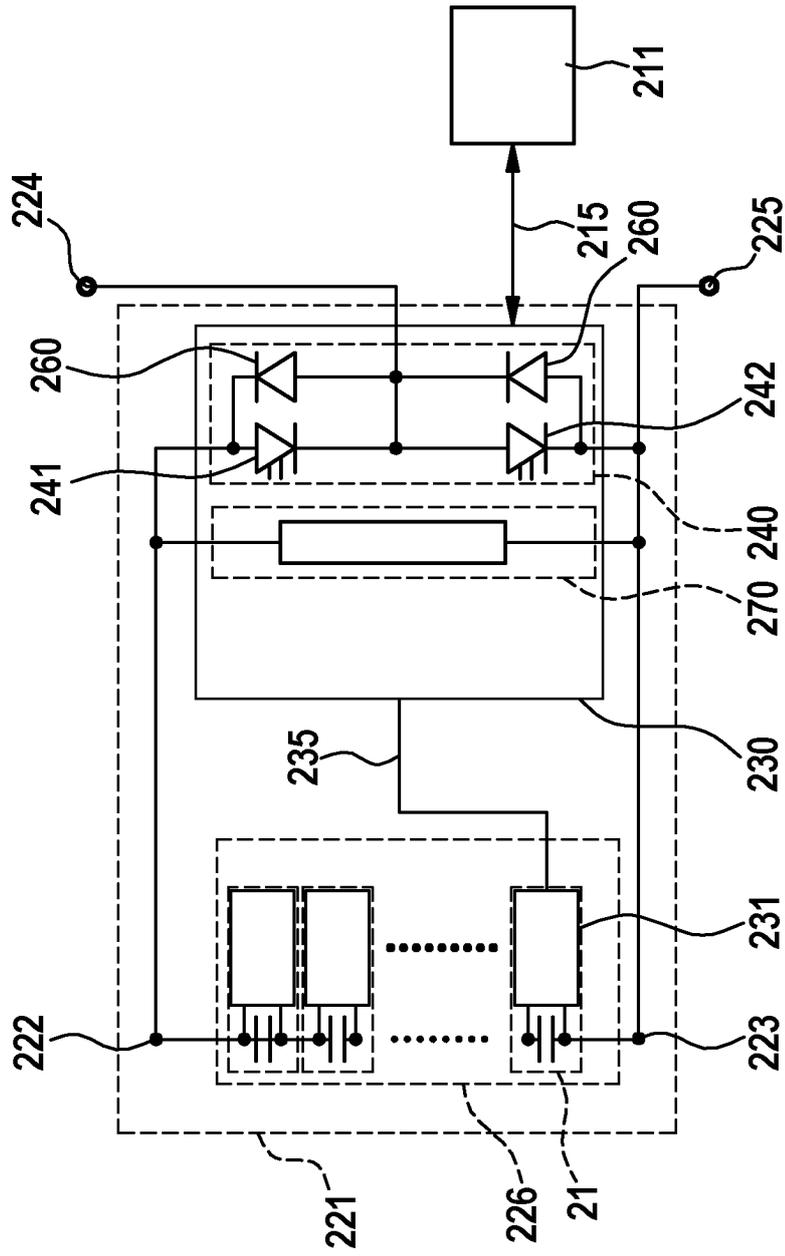


Fig. 14

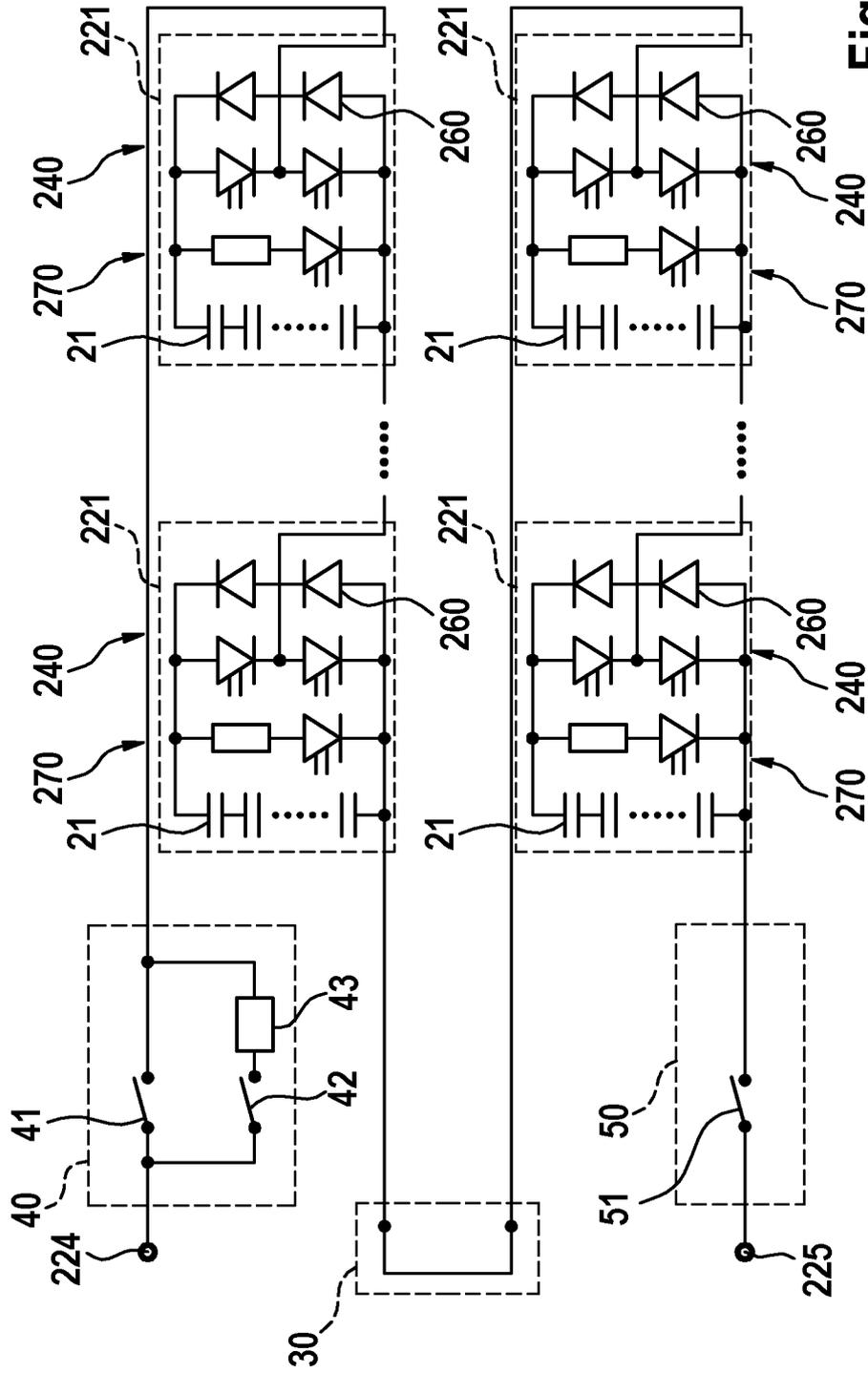


Fig. 15

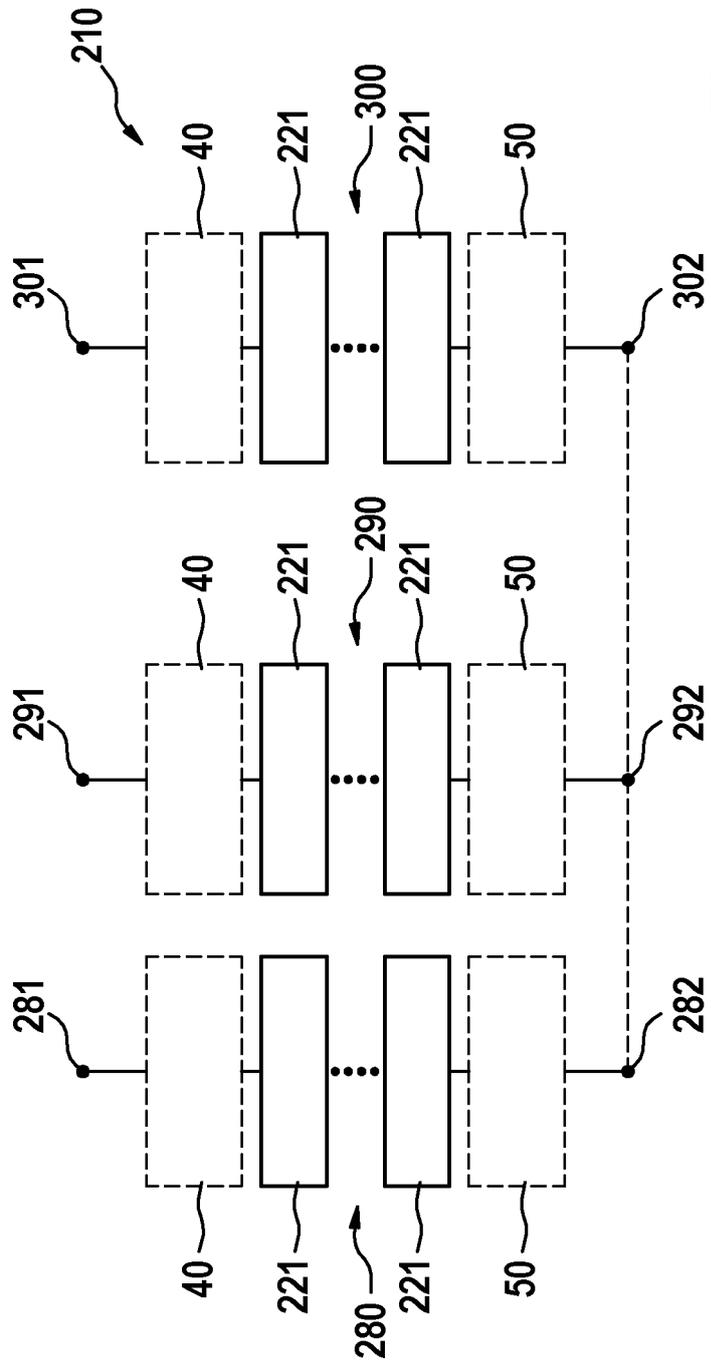


Fig. 16